



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

ULB

Untersuchungen über die Temperaturverteilung in Presseuren von Rollentiefdruckmaschinen

Schade, C. A.

(1961)

DOI (TUprints): <https://doi.org/10.25534/tuprints-00014093>

License:



CC-BY 4.0 International - Creative Commons, Attribution

Publication type: Report

Division: 16 Department of Mechanical Engineering
16 Department of Mechanical Engineering

Original source: <https://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/14093>

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE TEMPERATURVERTEILUNG

IN PRESSEUREN VON ROLLENTIEFDRUCKMASCHINEN

Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren
der Technischen Hochschule Darmstadt

September 1961

Bearbeitet von Dipl.-Ing. Chr.A. Schade

I n h a l t

Seite

1.1	Erläuterung der in dem Bericht verwendeten Begriffe Allgemeines über Presseure und ihre Verwendung Aufgaben der Messung	1
2.1	Über Gummiwalzen	2
2.1.1	Schwierigkeiten an Gummiwalzen im Betrieb	3
2.2	Beschreibung der Versuchsmaschine	6
2.2.1	Der Formzylinder	9
2.2.2	Der Presseur	10
2.3	Die Meßeinrichtung	12
2.3.1	Druckaufnehmer	12
2.3.2	Thermoelemente	15
2.3.3	Lichtpunktschreiber 906S-1	19
2.3.4	Schleifringgerät	20
2.4	Meßergebnisse	22
2.4.1	Eichung des Gummipresseurs	22
2.4.2	Eichung des Formzylinder-Thermoelementes	35
2.4.3	Beurteilung der Meßergebnisse	35
2.5	Zusammenfassung	98
	Literatur	101

1.1 Erläuterung der in dem Bericht verwendeten Begriffe.

Allgemeines über Presseure und ihre Verwendung.

Aufgaben der Messung.

Bekanntlich wird bei Rollentiefdruckmaschinen die Papierbahn durch eine Gummiwalze mit geschlossener Oberfläche an den Formzylinder gedrückt.

In der Regel besteht eine solche Gummiwalze aus einem rohrförmigen oder massiven Stahlkern, auf den zuerst Hartgummschichten und zuletzt eine Weichgummischicht aufgebracht ist.

Die Schichten sind von unterschiedlicher Dicke. Der Gummi - meistens Perbunan oder Naturkautschuk - wird in verschiedenen Arbeitsgängen aufvulkanisiert, abgedreht und geschliffen.

Je nach Bauart der Druckmaschinen benutzt man einen Gummi- zylinder größeren Durchmessers allein - man spricht dann von einem Gummipresseur - oder einen solchen kleineren Durchmessers, der durch ein oder zwei Stahlwalzen gegen Durchbiegung abgestützt wird. In diesem Falle hat man es mit Stahl- presseuren mit Zwischenwalze zu tun.

Die Druckanstellung der Presseure erfolgt mechanisch, hydraulisch oder durch Federn.

An dem im Institut zur Verfügung stehenden Versuchsdruckwerk der Firma Goebel, Darmstadt, erfolgte die Druckanstellung des Gummipresseurs formschlüssig über eine Schnecke, Schneckenrad und Spindel.

Die Anordnung des Gegendruckzylinders (Zwischenwalze oder Gummipresseur) kann verschieden sein. Man ordnet ihn meistens senkrecht über dem Formzylinder an.

Will man jedoch auch bei sehr breiten Maschinen einen Gummi- zylinder von kleinem Durchmesser verwenden, so wird sich bei senkrechter Anordnung der Zylinder die Zwischenwalze in Lauf- richtung durchbiegen. Man wählt deshalb zur Stützung der

kleinen Zwischenwalze zwei Stahlpresseure, oder man lagert bei Verwendung nur eines Stahlpresseurs die Zwischenwalze seitlich der Drucklinie je nach Laufrichtung des Formzylinders. Bei umsteuerbaren Druckwerken, bei denen der Papierstrang sowohl von der einen wie von der anderen Seite einlaufen kann, erfolgt bei Umsteuerung die Verlegung des Gummizylinders auf die jeweils nötige Seite. Je nach Anordnung der Zylinder ist die mechanische und damit auch die thermische Beanspruchung derselben verschieden.

Da heute im allgemeinen die Tendenz besteht, die Laufgeschwindigkeiten der Maschine weiter zu erhöhen, wird es immer mehr nötig, geeignete Maßnahmen zu ergreifen, um vor allem dem Wärmestau in den Gummiwalzen auf wirksame Weise zu begegnen. Aus diesen Gründen ist es notwendig, die Abhängigkeit der Wärmeentwicklung in einer Gummiwalze von den verschiedensten Betriebsfaktoren zu untersuchen.

Die Aufgaben der Messung ergeben sich zum Teil direkt aus den in der Praxis bekannten Schwierigkeiten. Die Messungen können Auskunft geben über die Abhängigkeit der Wärmeentwicklung von den Faktoren wie Dicke des Gummibelags, Härte des Vulkanisates, zugrunde liegende Kautschukart, Anzahl der Walkungen pro Zeiteinheit, Größe des Liniendruckes, Innenkühlung durch Wasser, um nur die wichtigsten zu nennen.

In den folgenden Kapiteln sind meßtechnische Voruntersuchungen des Institutes für Druckmaschinen und Druckverfahren der Technischen Hochschule Darmstadt beschrieben.

2.1 Über Gummiwalzen.

Die Fertigung des Gummibelages wird aus Konkurrenzgründen weitgehend geheim gehalten.

Bei den Walzen kommt es einmal darauf an, eine möglichst große Widerstandsfähigkeit gegen mechanische Beanspruchungen zu erzielen, die hauptsächlich durch den Walkvorgang und Ungleichmäßigkeiten in der Papierbahn verursacht werden.

Und zum anderen möchte man eine große Wärmebeständigkeit des Belagmaterials erreichen, da davon die Lebensdauer einer Walze stark beeinflusst wird.

In diesem Zusammenhang sollen nur die kritischen Punkte der Zylinderfertigung aufgezeigt werden:

Zur besseren Haftung des Gummis am Stahlkern werden Nuten in Achsrichtung und spiralenförmige Rillen in die Stahlwalzenoberfläche eingearbeitet. Darauf wird eine Naturkautschuk-Hartgummischicht von ganz bestimmter Mischung unter Verwendung von besonderen Bindemitteln aufvulkanisiert und auf Maß abgedreht. Die Dicke dieses Belages beträgt nur wenige Millimeter.

Auf diese Schicht wird nochmals eine Hartgummischicht aber anderer Zusammensetzung (z.B. Perbunan) aufgebracht, um eine mechanisch feste Verbindung zum Weichgummi herzustellen. Diese Schicht ist ebenfalls von geringer Dicke, während die darauf befindliche Weichgummischicht zwischen 8 und 12 mm stark ist (andere Abmessungen der Gummischichten sind auch gebräuchlich).

Neben den guten mechanischen Eigenschaften des Belages, versucht man durch die Wahl der chemischen Zusammensetzung auch die nachteiligen thermischen Effekte möglichst weitgehend zu beeinflussen.

2.1.1. Schwierigkeiten an Gummiwalzen im Betrieb.

Wie aus vorhergehendem Kapitel zu ersehen ist, sind für die mechanische Widerstandsfähigkeit und Wärmebeständigkeit einer Gummiwalze folgende Faktoren von ausschlaggebender Bedeutung:

Es kommt erstens auf die chemische Zusammensetzung und physikalischen Eigenschaften der einzelnen Gummischichten an. Zweitens ist das Fertigungsverfahren von bedeutendem Einfluß.

Beim Tiefdruck ist zum guten Ausdrucken ein recht beachtlicher Liniendruck nötig.

Jede Stelle des Gummizylinders durchläuft bei einer Umdrehung während des Druckens je nach Anordnung einmal oder mehrmals eine Walkzone und wird deformiert.

Durch hohe Laufgeschwindigkeiten und hohen Anpreßdruck kann sich der Gummibelag so stark erwärmen, daß sich der Hartgummi unter dem Einfluß der mechanischen Beanspruchung vom Stahlkern ablöst. Es ist bekannt, daß in Tiefdruckereien mehrfach "Platzer" - ein explosionsartiges, durch Wärmestau hervorgerufenes Bersten des Gummibezuges - aufgetreten sind, die teils auf Fehler bei der Herstellung (Bläschenbildung, gummifreie Stellen am Kern, schlechte Haftung) teils auf eine langzeitige Beanspruchung in der oben geschilderten Art zurückzuführen sind.

Ist die Haftung zwischen Kern und Gummischicht schlecht gewesen, dann erkennt man den Fehler an gummifreien Stellen des Kernes.

Eine schlechte Bindung infolge einer Luftblase innerhalb des Belagmaterials hinterläßt eine glänzende Stelle.

Die Bruchstelle kann aber - und das ist meistens der Fall - auch stumpf aussehen, wobei noch Gummi am Metallkern hängt und kein Glanz zu finden ist. Diese Erscheinung ist auf Alterungsvorgänge infolge der starken mechanischen Beanspruchung und der hohen Dämpfung des Gummis zurückzuführen.

Die Dämpfungsverluste sind ein Maß für die Erwärmung während des Betriebes und umgekehrt.

Als ein im günstigen Sinne wirkender Faktor darf das Papier angesehen werden.

Papier ist ein schlechter Wärmeleiter. Es verhindert beinahe vollkommen den Wärmeabfluß von der Gummiwalze zum Formzylinder, so daß eine Temperaturerhöhung infolge des größeren Wärmestaus in der Gummiwalze zu erwarten ist. Andererseits nimmt aber das immer neu zulaufende Papier Wärme auf und wirkt somit der Temperaturerhöhung entgegen.

In welchem Maße die einzelnen Faktoren günstig oder ungünstig auf die Temperaturerhöhung einwirken, kann erst durch ent-

sprechende Messungen geklärt werden, da eine theoretische Behandlung auf zu große Schwierigkeiten trifft.

Um den Wärmestau und den damit verbundenen Nachteilen wirksam zu begegnen, muß eine gute Kühlung des Gummipresseurs oder der Zwischenwalze vorgesehen werden.

Die Schwierigkeiten bei der Anbringung einer guten Kühlvorrichtung sind jedoch nicht unerheblich. Zunächst entsteht die Frage: Wo ist im Gummibelag der Wärmestau bzw. die Temperatur am höchsten? Dann ist die Frage zu beantworten, welche Gummischicht am wenigsten einer starken Wärmebeanspruchung standhält. Sind die Antworten eindeutig gegeben, kann eine sinnvolle Kühleinrichtung konstruiert werden.

Im weiteren Verlauf dieser Arbeit werden an Hand der Meßergebnisse diese Fragen noch ausführlicher behandelt.

In der Praxis hat man aber mit weiteren Schwierigkeiten bei der Anbringung einer guten Kühlvorrichtung zu kämpfen.

Obwohl die Innenkühlung des Gummipresseurs bzw. der Zwischenwalze mit strömendem Wasser wohl am besten sein dürfte, benutzt man aus vielerlei Gründen strömende Luft als Kühlmittel.

Die Gummwalzen können bei einem Papierreißer leicht an ihrer Oberfläche verletzt werden und müssen daher leicht auswechselbar sein. Dieser Forderung nachzukommen, müssen bei Wasserkühlung mehrere Dichtungen, Absperrhähne usw. vorgesehen werden.

Eine Kühleinrichtung, die (wenn überhaupt möglich) jeglichen Wasserabfluß bei einer Montage verhindert, dürfte relativ teuer werden.

Man kühlt deshalb den Gummizylinder mit strömender Luft von innen und zusätzlich von außen über wassergekühlte Stahlpresseure, die ja überhaupt nicht oder nur selten ausgewechselt werden müssen.

Diese Lösung dürfte recht zweckmäßig sein, wenn man garantieren kann, daß die Innenkühlung eine obere Grenztemperatur des am Stahlkern haftenden Hartgummis von 50 bis 60°C gewährleistet. Der Hartgummi wird bei höheren Temperaturen ledrig, verliert

nithin seine mechanische Festigkeit und das Haftvermögen am Stahlkern.

Schwieriger wird das Problem der Kühlung, wenn man keine Zwischenwalze mit Stahlpresseur, sondern einen Gummipresseur allein vorsieht.

Dann entfällt die Kühlung von außen durch die Stahlpresseure und die Innenkühlung hat die gesamte entstehende Wärme abzuführen.

Begünstigend wirkt jedoch, daß bei dieser Anordnung der Gummizylinder nur einmal während einer Umdrehung eine Walkzone durchläuft, die Drehzahl niedriger liegt und somit weniger Wärme entsteht. Die größere Druckzonenbreite infolge des größeren Außendurchmessers wirkt wiederum ungünstig, da in der Zeiteinheit ein größeres Gummivolumen verformt wird.

Eine Verbesserung bzw. Veränderung des Belagmaterials macht vor allem wegen der vom Drucken her geforderten physikalischen Eigenschaften Schwierigkeiten.

Man ist dabei mit kleinen Abweichungen an bestimmte Werte der Härte, der Belagdicke, der Druckzonenbreite bei bestimmter Härte und bestimmtem Anpreßdruck, gebunden.

2.2 Beschreibung der Versuchsmaschine.

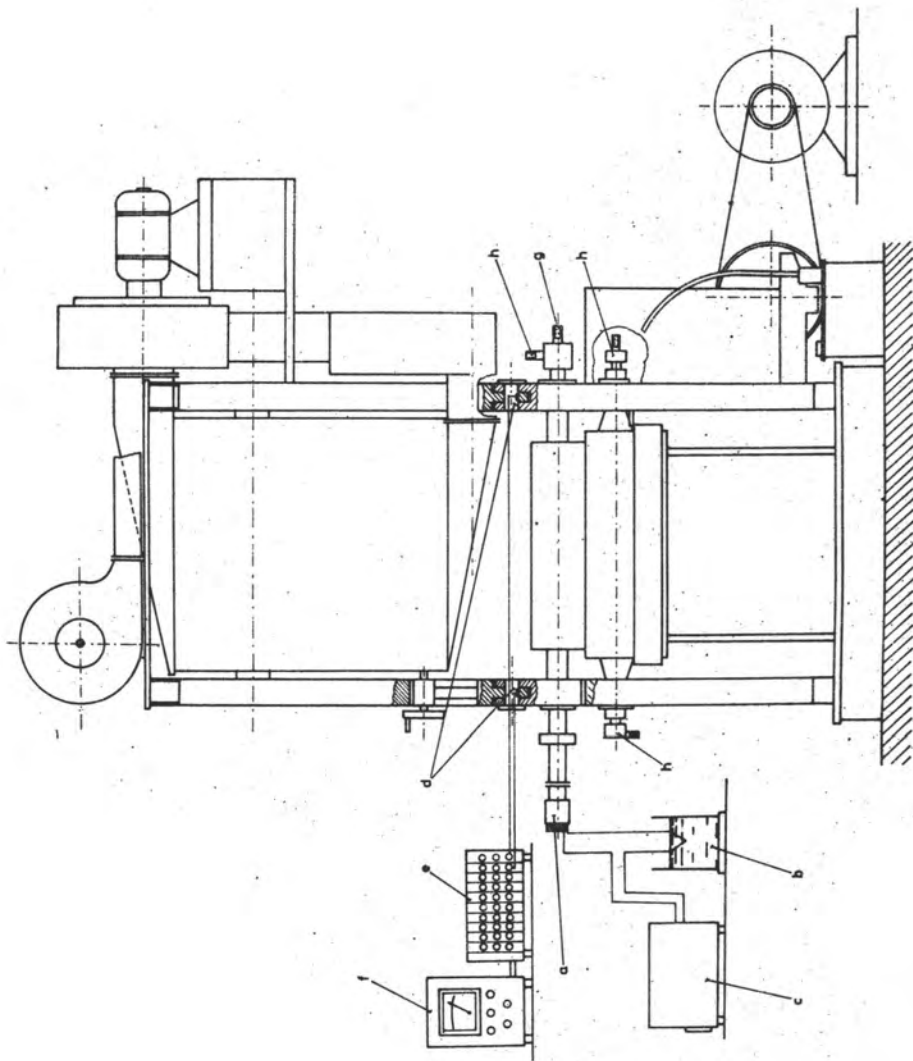
Es sollen hier nur die für die Temperatur- und Druckmessung wesentlichen Maschinenteile beschrieben werden.

Die schon am Anfang erwähnte Tiefdruckmaschine der Firma Goebel, Darmstadt, ist eine Sonderanfertigung für Versuchszwecke. Sie besteht aus einer Abrolleinrichtung, einem Tiefdruckwerk, einer Farbanlage und einer Aufrollvorrichtung. Den Aufbau zeigt die schematische Zeichnung Bild 1.

Die Maschine ist für 12 000 Formzylinderumdrehungen pro Stunde ausgelegt.

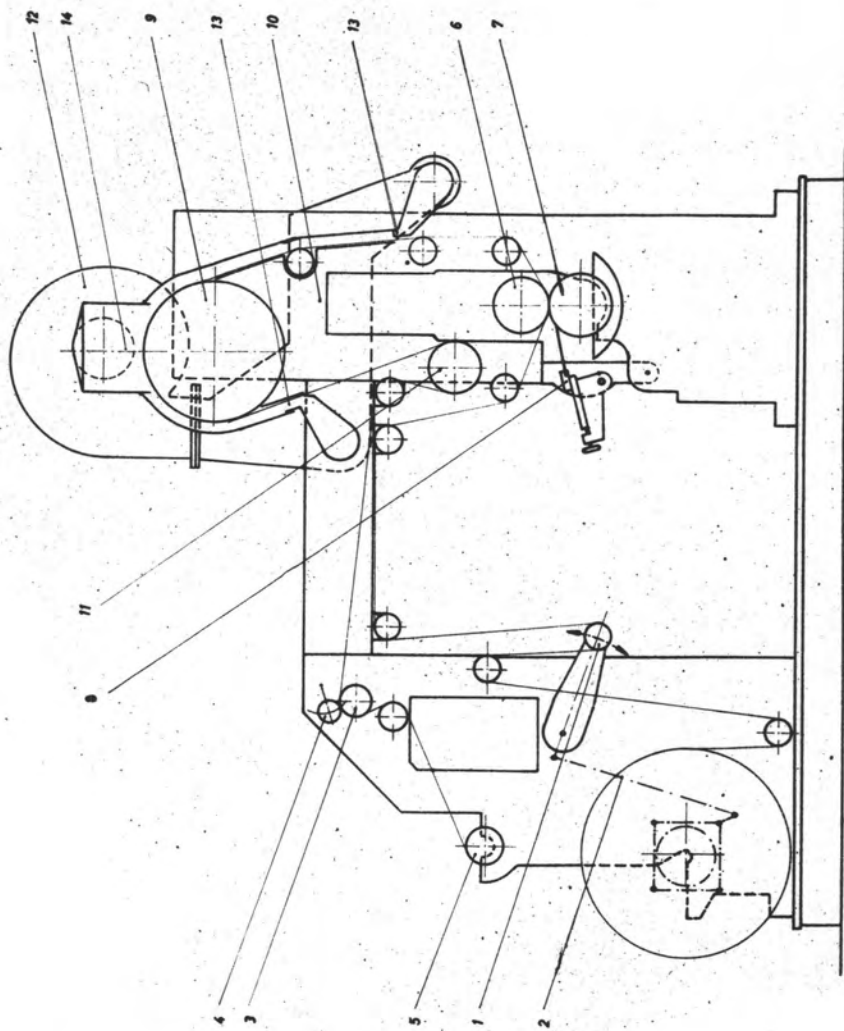
Die Papierbahnbreite beträgt 670 mm, die größte Druckbreite 630, der Druckumfang 594 mm.

Die Vorratsrollen werden mit beiderseitigen Konen auf die Achsen gespannt. Die Papierbahnführung geht aus Bild 1 hervor.



- a - Schleifgerät
- b - Eiswasser mit Vergleichselementen
- c - Lichtpunktschaltgraph
- d - Druckaufnehmer
- e - Viskositätsmeßgerät
- f - Meßwertdrucker
- g - Kühlwasser-Einlauf
- h - Kühlwasser-Auslauf

Bild 1. Skizze der Versuchsmaschine



Bedeutung der Ziffern:

- 1 Pendelwalze
- 2 Hebelgestänge
- 3 Förderwalze
- 4 einschwenkbare Förderrollen
- 5 Aufwickelwelle
- 6 Formzylinder
- 7 Presseur
- 8 Rakelvorrichtung
- 9 Heizzylinder
- 10 Warmluftumwälzung
- 11 Kühlwalze
- 12 Lüfter
- 13 Düsen
- 14 Saugdüsen.

Der Transport der Papierbahn erfolgt durch die Fördergruppe 3; 4.

Das Druckwerk besteht aus der Druckpartie (Formzylinder und Presseur), der Rakelvorrichtung, der Farbpumpanlage und der Trockenanlage mit Heizzylinder, einer Warmluftumwälzung und einer Kühlwalze.

2.2.1 Der Formzylinder.

Der Formzylinder wird auf eine Achse aufgespindelt und mit Doppelmuttern gespannt und gesichert.

Er trägt auf rohrförmigem Hohlzylinder aus Stahl eine 1 mm starke Grundkupferschicht, auf die eine 0,12 bis 0,15 mm starke Ballardhaut als Bildträger aufgebracht wird. Der Versuchszylinder war mit einer geätzten Volltonfläche versehen.

Die Länge des Zylinderkörpers beträgt 720 mm, sein Außendurchmesser 189 mm.

Der Zylinder konnte je nach Bedarf mittels durchströmenden Leitungswassers von innen her gekühlt werden.

Für die Temperaturmessung wurde ein Thermoelement aus

Ni-NiCr-Draht von 0,2 mm \varnothing eingebaut. Die Lötstelle bzw. die Meßstelle liegt 0,5 mm unter der Zylinderoberfläche. Das Element wurde in eine 4 mm Bohrung mit Agomet eingeklebt und befindet sich 3 mm von der betriebsseitigen Stirnfläche entfernt.

Über einen Quecksilber-Schleifringkörper der Firma Frischen, Hannover, wurden die Thermospannungen vom Formzylinder zum Meßgerät weitergeleitet.

Die Temperatur des Formzylinders interessiert im Vergleich zur Presseurtemperatur beim Lauf mit und ohne Papier.

2.2.2 Der Presseur.

Das Druckwerk der Versuchsmaschine arbeitet mit direkter Druckgebung, d.h. die Papierbahn läuft zwischen Formzylinder und Presseur.

Der rohrförmige Stahlkern des Gummizylinders ist auf Wellenzapfen aufgeschrumpft. Auf der Antriebsseite der Maschine ist der Wellenzapfen durchbohrt, so daß der Zylinder ebenfalls von innen mit strömendem Wasser gekühlt werden kann.

Die Konstruktion des Zylinders mit Kühlvorrichtung geht aus Bild 2 hervor.

Auf dem Stahlkern befindet sich ein Gummibelag von insgesamt 15 mm Dicke.

Davon entfallen auf die erste Hartgummischicht (am Stahlkern haftend) 3,5 mm, auf die zweite ungefähr 1 mm und 10 mm auf den Weichgummibelag. Der Gummizylinder wurde in der Firma Felix Böttcher, Köln, in etwa folgenden Arbeitsgängen hergestellt:

Auf dem entsprechend vorbereiteten Stahlkern wird der Naturkautschuk-Hartgummi N₁U₁* aufgebracht, vorvulkanisiert und auf Maß abgedreht.

Die Thermoelemente 1 bis 5 werden mit dem darauf befindlichen Anstrich festgeklebt und eingewalzt.

Darauf kommt die zweite, wesentlich dünnere Hartgummischicht aus Perbunan P₁*.

* betriebsinterne Bezeichnung

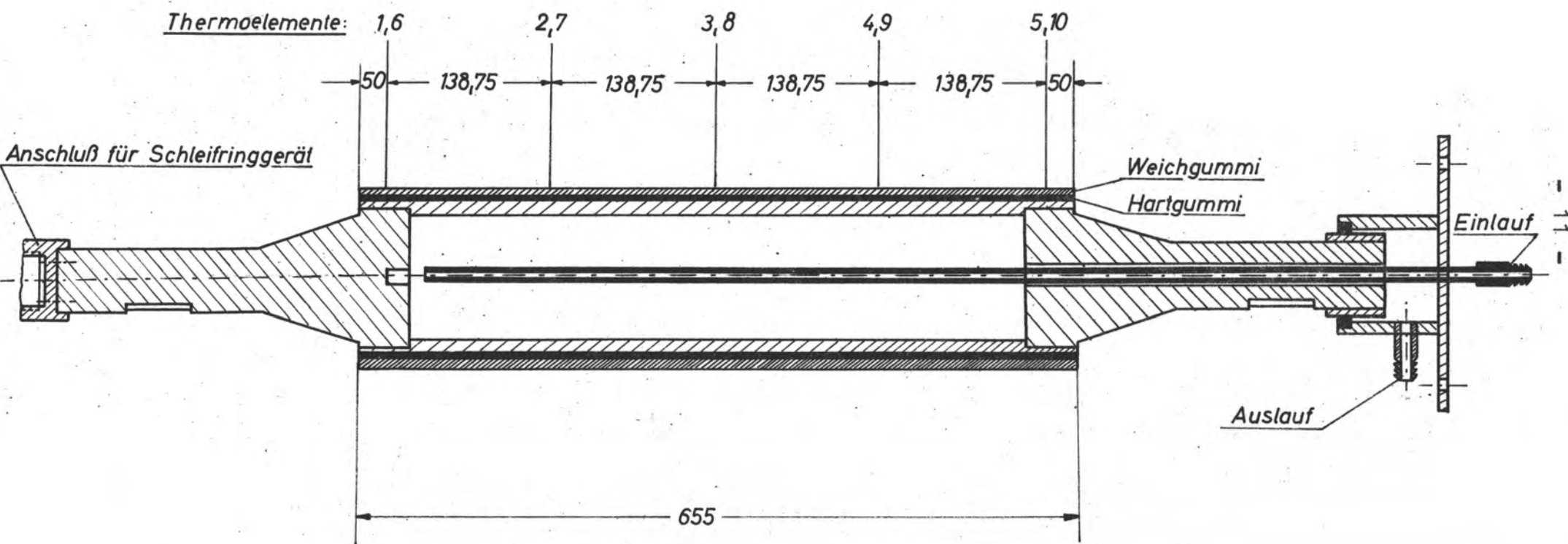


Bild 2. Presseur mit Kühlvorrichtung

Die Elemente 6 bis 10 werden in den P_1 eingerollt. Die Verteilung auf die Zylinderlänge ist aus Bild 2 ersichtlich.

Um die Ausgangslage der Elemente hinsichtlich Tiefe und Umfang zu gewährleisten, wird eine Lage P_9^* (Perbunanweichgummi) von Hand aufgebracht und der Rest in der Maschine konfektioniert. Danach wird der Zylinder wie normal vulkanisiert und fertiggestellt.

Die Härte der Weichgummischicht beträgt 75^0 Shore. Der Gummipresseur hat einen Außendurchmesser von 163 mm und eine Auflagelänge von 665 mm.

Er ist in Gleitstücken, die sich am Maschinengestell seitlich abstützen, in Kugellagern gelagert. Das Gleitstück ist über einen Bolzen (Stützkraftgeber) und Flanschstück mit dem Handantrieb für die Druckeinstellung (Schnecke, Schneckenrad, Spindel) verbunden.

Diese Anordnung wird in Bild 3 anschaulich gezeigt.

Außer dieser kontinuierlichen Druckan- bzw. Druckabstellung kann der Presseur über einen Exzenterhebel ruckartig vom Formzylinder abgehoben oder in Betriebsstellung gebracht werden, ohne dabei die einmal gewählte Druckanstellung zu verändern,

2.3 Die Meßeinrichtung.

2.3.1 Druckaufnehmer.

Zur meßtechnischen Erfassung verschiedener Betriebsdrücke wurde das Dehnungsmeßstreifen-Prinzip herangezogen.

Die in der Maschine befindlichen Bolzen zur Übertragung der Druckanstellkräfte auf den Presseur wurden in der in Bild 4 gezeigten Weise verändert und als Druckgeber benutzt. Dabei wurden die verwendeten Dehnungsmeßstreifen der Firma Budd zu einer halben Brücke mit einem aktiven Streifen geschaltet.

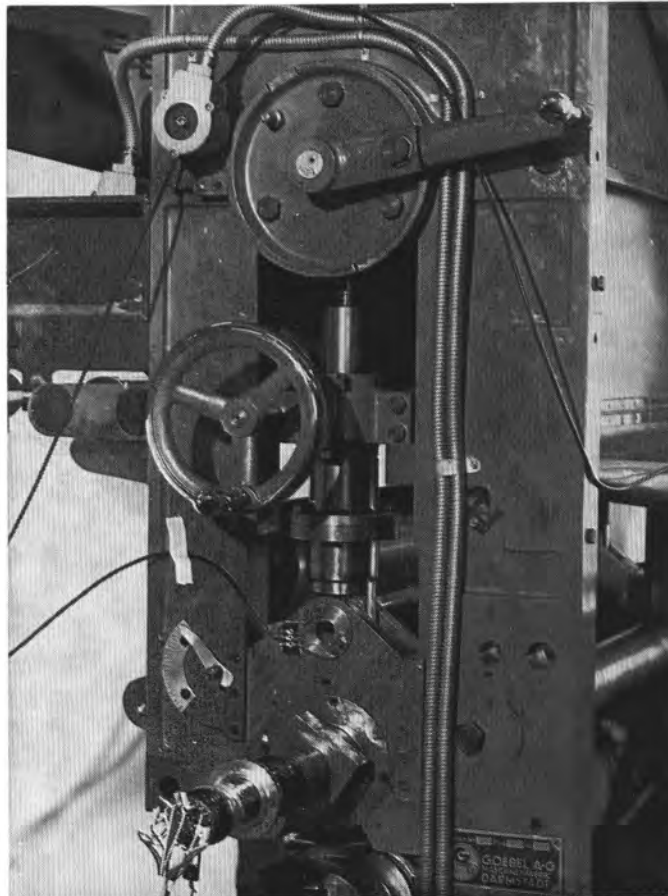


Bild 3 Druckanstellereinrichtung mit Stützkraftgeber und Schleifringgerät.

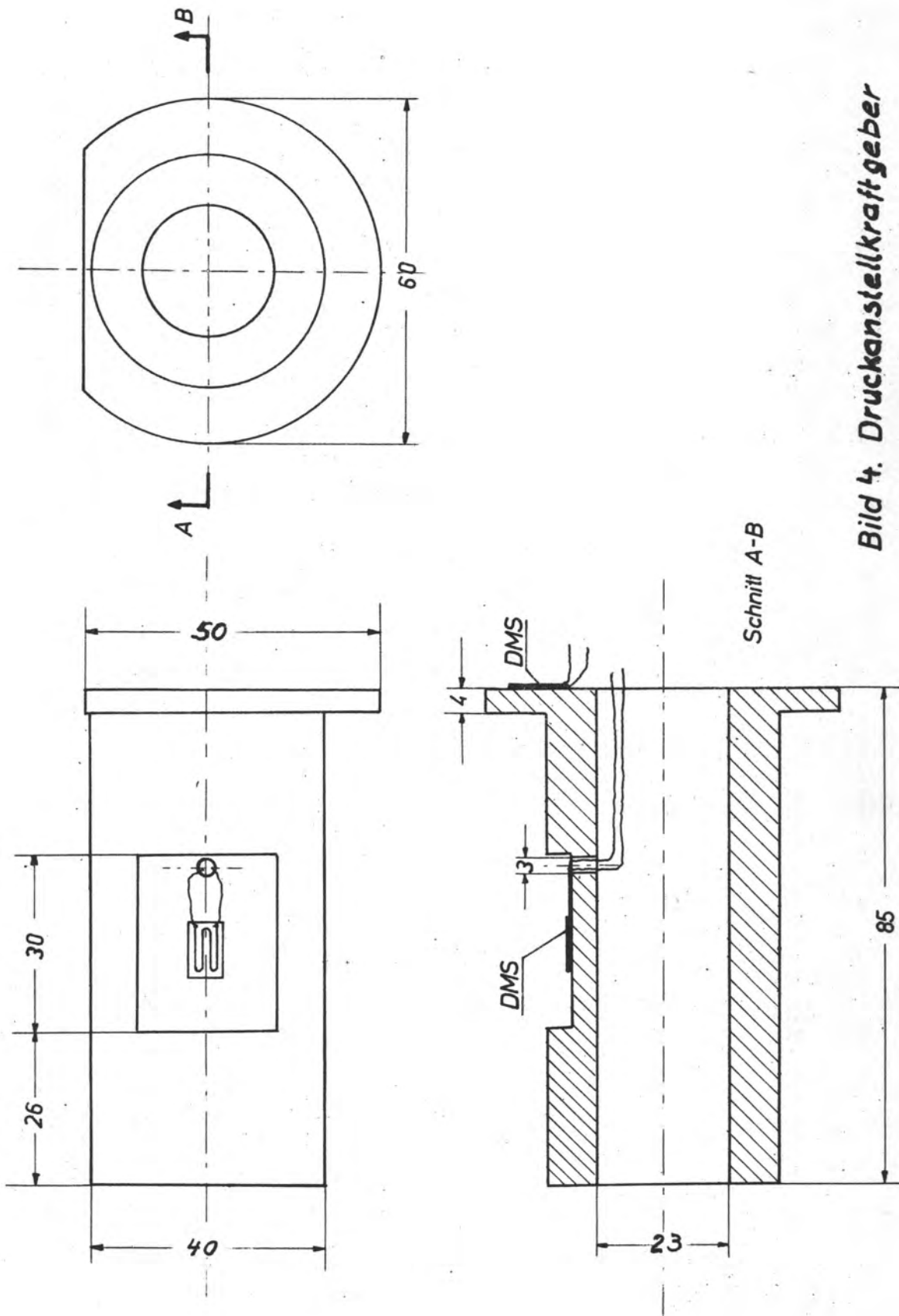


Bild 4. Druckanstellkraftgeber

Der aktive Meßstreifen befindet sich auf der Abflachung des Bolzens und erfährt bei Belastung eine positive Dehnung. Der Temperatenausgleichsstreifen sitzt am dehnungsfreien Flansch des Bolzens.

Da eine Halbbrückenschaltung dieser Art eine verhältnismäßig unempfindliche und daher ungünstige Schaltung ist, wurden zur Erhöhung der Meßempfindlichkeit DMS mit 1000 Ohm Widerstand verwendet.

Die elektronische Meßapparatur zur Bestimmung der Druckanstellkräfte bestand aus der Trägerfrequenz-Röhrenmeßbrücke Typ TRM-5 der Firma Frischen und einem Vielstellenabgleichgerät mit Steuergerät der Firma Philips.

Da die Meßwerte im statischen Zustand aufgenommen wurden, konnte zur Registrierung das eingebaute Zeigerinstrument benutzt werden.

Die Eichung der Druckaufnehmer wurde mit Hilfe einer zu diesem Zweck angefertigten Eichvorrichtung (Bild 5 und 6) und einer hydraulisch arbeitenden Lohsenhausen-Zerreißmaschine der Staatlichen Materialprüfungsanstalt der Technischen Hochschule Darmstadt durchgeführt.

Die Eichkurven für beide Bolzen sind in Bild 7 aufgezeichnet. Der gekrümmte Kurvenverlauf in den unteren Belastungsbreiten ist durch anfänglich schlechtes Aufliegen des Bolzens infolge Fertigungsungenauigkeiten der Eichvorrichtung zu erklären.

Auf die rechnerische Möglichkeit, aus der abgelesenen Dehnung die Kraftwerte zu ermitteln, wurde wegen der komplizierten Form des Gebers verzichtet. Außerdem hat diese Art der Eichung den Vorteil, von vornherein die von der Meßanordnung herührenden Fehler auszuschalten. Die Eichvorrichtung wurde so gebaut, daß die gleichen Belastungsverhältnisse wie in der Versuchsmaschine vorlagen.

2.3.2 Thermoelemente.

Die Hauptgesichtspunkte, nach denen man die Werkstoffe der Thermopaare auswählt, sind große Thermospannung und große Konstanz, ausreichende thermische und chemische Beständigkeit und mechanische Festigkeit.

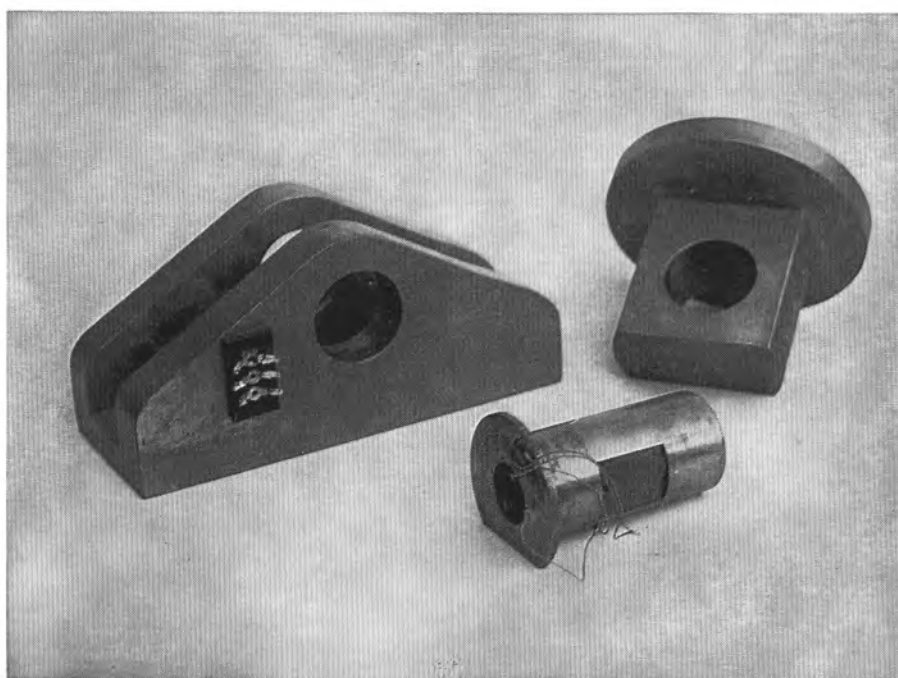
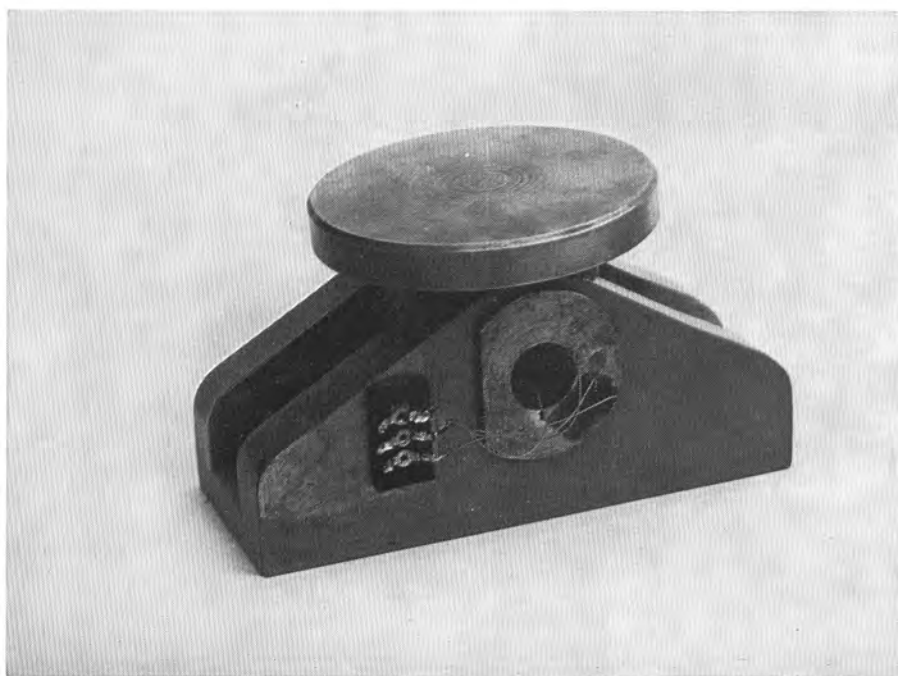


Bild 5 und 6 Eichvorrichtung für Stützkraftgeber.



Meißbolzen 2

Meißbolzen 1

Eichkurve für Stützkraftgeber
(Druckaufnehmer)
(Fricken-Brücke
(bezogen auf Empfindlichkeit 200/1)

Bild 7

Skalenteile

200

150

100

80

70

60

50

40

30

20

0

[4]

3

2

1.4

1.2

1

0.8

0.6

0.4

0.2

Thermopaare werden meistens aus runden Drähten von 0,1 bis 3 mm Durchmesser hergestellt.

Die in Deutschland am meisten verwendeten Thermopaare sind NiCr-Ni; Fe-Konstantan, Cu-Konstantan und PtRh-Pt. Fe-Konstantan ist wegen seiner hohen Thermospannung und großen Unempfindlichkeit gegen oxydierende oder reduzierende Atmosphären ein viel benutztes Element.

NiCr-Ni ist das meistgebrauchte Thermoelement.

Die Erhaltung der Konstanz der Thermospannung unter den verschiedenen Betriebsbedingungen ist von größter Bedeutung. Cu- wie Fe-Konstantan benutzt man bei Temperaturen, bei denen kaum Gefahr der Fremdstoffaufnahme besteht. Bei feuchter Umgebung rosten leicht die Eisenschenkel, was bei dünnen Drähten die Konstanz der Thermospannung beeinflusst. Die Thermospannungen der gebräuchlichsten Thermopaare sind genormt und in DIN-Blatt 43710 angegeben, das auch die zulässigen Abweichungen von den angegebenen Grundwerten festlegt.

Die für die Temperaturmessung des Presseurs verwendeten Thermoelemente wurden aus 0,2 mm starkem Draht der Firma Herneus, Hanau, hergestellt.

Bei der Wahl der geeigneten Thermopaare mußten weitere Gesichtspunkte berücksichtigt werden:

Die Drähte mußten im Durchmesser gering gehalten werden, um die Struktur des Gummibelages möglichst wenig zu beeinflussen.

Andererseits benötigte man ausreichende Festigkeit wegen der Beanspruchung durch den Walkvorgang.

Weiterhin war es nötig, die Masse des temperaturempfindlichen Teils des Temperaturfühlers so klein wie möglich zu halten, da durch den Walkvorgang kurzzeitig schnell veränderliche Temperaturwerte zu erwarten waren.

Die kürzeste Ansprechzeit hat ein Thermopaar, das ohne Verkleidung dem zu messenden Wärmeträger ausgesetzt wird.

Von den 10 einvulkanisierten Elementen wurden 1 bis 5 und 9 nach Schema a), 6 bis 8 und 10 nach b) verlegt.



Bei den ersten Versuchen wurden die Elemente nur nach Schema a) in den Hartgummi und in den Weichgummi eingebaut. Schon nach kurzer Laufzeit bei geringem Druck gingen vornehmlich die in den Weichgummi eingelagerten Elemente zu Bruch.

Die Überlegung, daß eine Verlegung der Drähte nach Schema b) hinsichtlich der Haltbarkeit günstigere Verhältnisse bietet, konnte bei späteren Versuchen nicht bestätigt werden.

Es mußte daher von einer Einlagerung in den Weichgummi ganz abgesehen werden.

Aus diesem Grunde konnte im Rahmen dieser Versuche kein Aufschluß über die Temperaturverteilung bezüglich der Belagdicke erhalten werden.

Von der Stirnfläche des Zylinders ab wurden die Drähte mit Teflon-Spaghetti-Schlauch isoliert und durch eine Bohrung in der Zylinderachse zum Schleifringkörper geführt.

Es ist noch zu erwähnen, daß bei dem Einbau von Thermoelementen in feste Körper das Temperaturfeld meistens empfindlich gestört wird. Man baut deshalb die wärmeleitenden Thermoelemente zweckmäßig so ein, daß sie eine längere Strecke in einer Zone gleicher Temperatur eingebettet sind. Bei großer Wärmeleitfähigkeit des festen Körpers ist der dadurch entstehende Meßfehler geringer. Aus diesem Grunde wurde bei der Verlegung der Thermoelemente darauf geachtet, daß sich die Drähte hauptsächlich in der Nähe der Meßstelle in gleicher Schichthöhe befanden, obwohl die Wärmeleitfähigkeit von Gummi schlecht ist.

Bei den Messungen wurde nach dem Vergleichsstellenprinzip gearbeitet.

Da bekanntlich die EMK eines Thermoelementes von der Temperaturdifferenz zwischen Meßstelle und Vergleichsstelle abhängt, ist es für genaue Temperaturmessungen besonders wichtig, daß Temperaturänderungen der Vergleichsstelle vermieden werden.

Dem Thermoelement, dessen Meßstellentemperatur bestimmt werden sollte, wurde deshalb ein Thermoelement gleicher Materialart entgegen geschaltet, dessen Meßstelle mit Hilfe schmelzenden Eises auf eine konstante Temperatur gebracht wurde. Somit ist die Temperaturmessung auf eine Temperaturdifferenzmessung zwischen zwei Thermoelementen zurückgeführt. Die Klemmen (Lötstellen), an denen die Elementdrähte am Schleifringgerät befestigt sind, brauchen dann nur noch auf gleicher Temperatur gehalten zu werden, während bei Messungen ohne Vergleichsstelle die Temperatur hier konstant gehalten werden muß.

Dadurch werden Meßfehler, die durch zusätzliche Thermospannungen entstehen, vermieden. Diesbezüglich war das bei diesen Messungen verwendete Schleifringgerät im Gegensatz zu früheren Ausführungen verbessert. Die rotierenden und die ruhenden Anschlüsse des Schleifkörpers lagen in einer Ebene. Somit konnten die Anschlüsse leicht gegen Luftzug abgeschirmt werden und die Wahrscheinlichkeit eines konstanten Temperaturfeldes erhöht werden.

Die gemessene Thermospannung hängt auch von dem Leitungswiderstand der Elementdrähte ab. Der dadurch entstehende Meßfehler wird entweder durch Konstanthaltung des Widerstandes beseitigt oder durch Eichen eliminiert. Die Raumtemperatur wurde durch eine Klimaanlage auf $21,5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ konstant gehalten.

Um die Richtigkeit der mit den eingebauten Thermoelementen gemessenen Temperaturwerte nachzuprüfen, wurden zusätzlich Einstichmessungen gemacht. Die Abweichungen betrugen maximal 7,3%.

2.3.3 Lichtpunktschreiber 906S-1.

Zur Registrierung der Thermospannungen wurde ein direkt-schreibender Oszillographen-Visicorder der Firma Honeywell benutzt.

Das Gerät verbindet die Möglichkeiten eines konventionellen Oszillographen mit der direkten Auswertung des Meßwertes. Die große Auslenkung, hohe Eigenfrequenz und große Empfindlichkeit der Sub-Miniaturgalvanometer sind vorteilhaft und machen das Gerät für viele Zwecke verwendbar.

Der Visicorder 906S-1 gestattet den Anschluß von 12 Meßstellen. Bei Eigenfrequenzen der Galvanometer zwischen 0 und 8000 Hz sind Schreibfrequenzen von 0 bis 5000 Hz möglich.

Für diese Messungen wurden 9 Sub-Miniaturgalvanometer vom Typ M 40/120 A und ein Galvanometer des Typs M 100/120 verwandt.

Die Galvanometer M 40/120 erlauben Schreibfrequenzen zwischen 0 und 24 Hz, während M 100/120 solche bis 60 Hz gestattet.

Die Verbindung der Galvanometer mit den Thermoelementenden geschieht über zwei Anschlußstecker mit je 6 Anschlüssen. Von hier läuft die Verbindung weiter über gedruckte Widerstandstafeln, die ein schnelles Auswechseln der nötigen Dämpfungswiderstände gestatten, zu dem beheizten Magnetblock, in dem sich die Galvanometer befinden.

Durch geeignete Festlegung der Galvanometerdaten kann das Gerät den verschiedensten Meßaufgaben optimal angepaßt werden.

Die Sub-Miniatur-Galvanometer sind Drehspulschwinger mit kleiner Eigenfrequenz und hoher Empfindlichkeit oder mit hoher Eigenfrequenz und geringer Empfindlichkeit.

Da die Messungen ohne Verstärker vorgenommen werden können und wegen der hohen Empfindlichkeit der Galvanometer, eignet sich das Gerät besonders gut für Temperaturuntersuchungen mit Thermoelementen.

Um den Vollausschlag der Galvanometer für den in Frage kommenden Temperaturbereich auszunutzen, wurden bei den Typen M 40/120A auf den Widerstandstafeln 50 Ohm in Reihe geschaltet, bei dem Typ M 100/120 30 Ohm.

2.3.4 Schleifringgerät.

Zur Übertragung der Thermoströme vom rotierenden Zylinder

zum Registriergerät diente ein neues, verbessertes Schleifringgerät der Firma Frischen, was im Prinzip denen älterer Bauart entsprach. Bei all diesen Geräten sollen jedoch über die Meßdauer die Übergangswiderstände zwischen Schleifringen und Bürsten nur schwerlich konstant gehalten werden können. Das wirkt sich für Dehnungsmessungen mit Dehnungsmeßstreifen ungünstig aus.

Bei Temperaturmessungen mit Thermoelementen kommt noch hinzu, daß besonders die zwischen Schleifringen und Bürsten, sowie an sonstigen Verbindungsstellen durch Erwärmung des ganzen Drehkörpers auftretenden Thermospannungen beträchtliche Meßfehler verursachen können.

Um diese Schwierigkeiten zu umgehen, versuchte man Schleifringe und Bürsten durch Metallscheiben zu ersetzen, die in einem Quecksilberbad umlaufen.

Den Vorteilen wie geringer und konstanter Übergangswiderstand, geringes Kontaktrauschen und kurze Bauweise standen jedoch auch erhebliche Nachteile gegenüber. Die Metallscheiben konnten nicht beliebig klein gehalten werden und bedingen deshalb bei höheren Drehzahlen erhebliche Schleifgeschwindigkeiten, die zur Erwärmung und Bildung von Quecksilberdämpfen führen,

Durch konstruktive Veränderungen konnten durch einen neuartigen Quecksilber-Drehübertrager nach Dr. Rohrbach die beschriebenen Nachteile beseitigt werden. Leider hat dieses Gerät allerdings eine sehr in die Länge gehende Bauweise, so daß ein Gerät mit 20 Anschlüssen beinahe einen Meter Baulänge benötigt.

Ein Drehübertrager dieser Bauart mit 4 Anschlüssen - also für den Anschluß von 2 Elementen - wurde für die Temperaturmessung am Formzylinder verwendet.

Um etwaige Störgrößen des herkömmlichen Frischen Schleifringkörpers zu erfassen, wurde die Maschine längere Zeit im Leerlauf - ohne Druckanstellung - bei konstanter Temperatur des Gummipresseurs betrieben. Dabei durften keine Ausschläge am Oszillographen zu beobachten sein, wenn die Störgrößen vernachlässigbar klein blieben.

Das benutzte Schleifringgerät hat eine Skala, mit deren Hilfe man leicht die richtige Anstellung der Bürsten vornehmen kann. Dadurch wird eine unnötige Erwärmung des Gerätes und das Aufkommen von Meßfehlern weitgehend vermieden. Überhaupt dürften nennenswerte Meßfehler dieser Art während der gesamten Versuchsreihe unwahrscheinlich sein, da die Drehzahlen (5/sec) z.B. im Vergleich zu Turbinendrehzahlen sehr gering waren und auch sehr genau auf die richtige Druckanstellung der Bürsten geachtet wurde.

2.4 Meßergebnisse.

2.4.1 Eichung des Gummipresseurs.

Zur Eichung der in den Gummi eingebauten Thermoelemente wurde eine speziell zu diesem Zweck hergerichtete Eichvorrichtung benutzt, deren obere Hälfte mit dem eingesetzten Presseur auf Bild 11 zu sehen ist.

Als Gefäß für die Aufnahme des Zylinders diente ein 5 mm starkes, mit einem Boden versehenes Stahlrohr. Das Rohr sowie der Aus- und Einlauf wurden gut mit Steinwolle isoliert. Ein Thermostat pumpte das temperierte Wasser unten in das Gefäß ein. Durch einen Überlauf floß es zu diesem zurück.

Zwischen der Aus- und Einlauftemperatur bestand bei Temperaturen bis ca. 50°C ein Unterschied von nur 0,2°C. Bei höheren Temperaturen bis ca. 90°C vergrößerte sich die Differenz bis auf 0,6°C.

Als Nenntemperatur (Eichtemperatur) im Eichgefäß wurde jeweils die gemessene Auslauftemperatur plus der halben Differenz angesehen.

Bei der Aufnahme der Eichwerte wurde stufenweise vorgegangen. Um sicher zu gehen, daß an jeder Stelle des Gummizylinders die am Thermostat eingestellte Temperatur vorlag, wurde mit der Registrierung des Temperaturwertes so lange gewartet, bis die Differenz von Aus- und Einlauftemperatur konstant blieb plus einem Zeitzuschlag von 1 h. Zur Erfassung der genauen Temperatur dienten Quecksilberthermometer mit 1/10 Grad-Teilung.

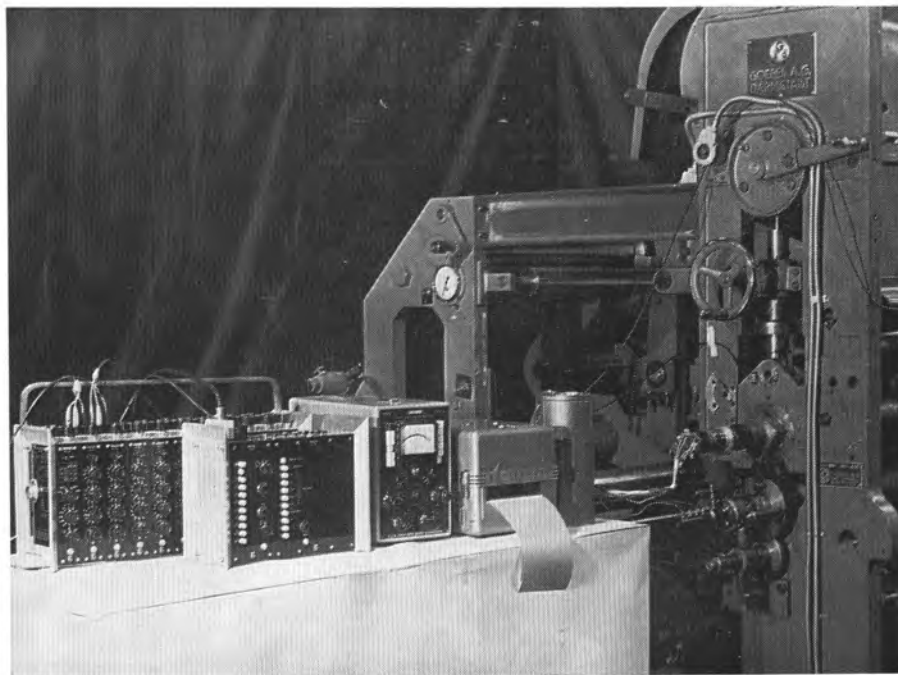


Bild 8 Versuchsmaschine mit Meßeinrichtung.

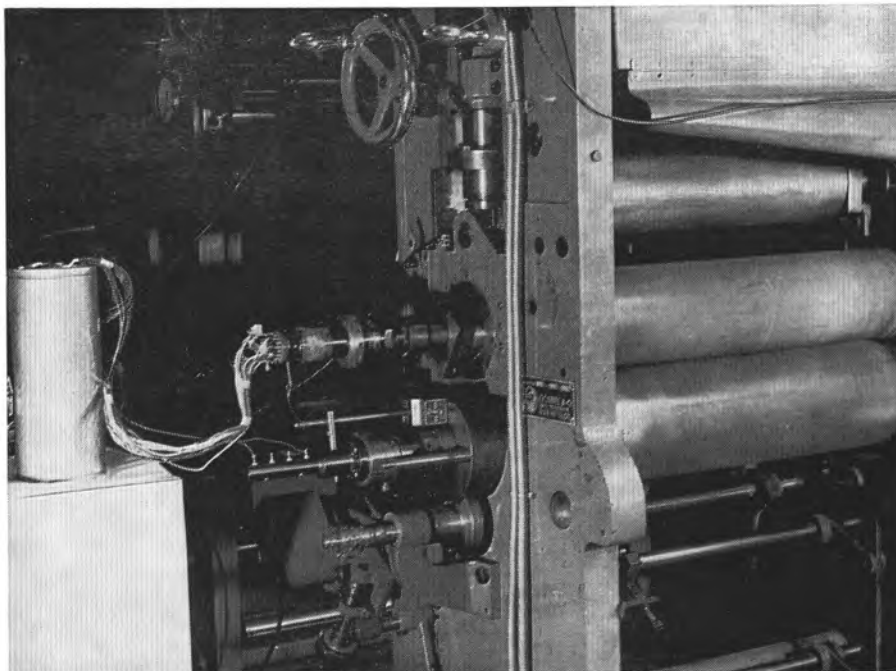


Bild 9 Formzylinder und Presseur mit Schleifringkörpern.

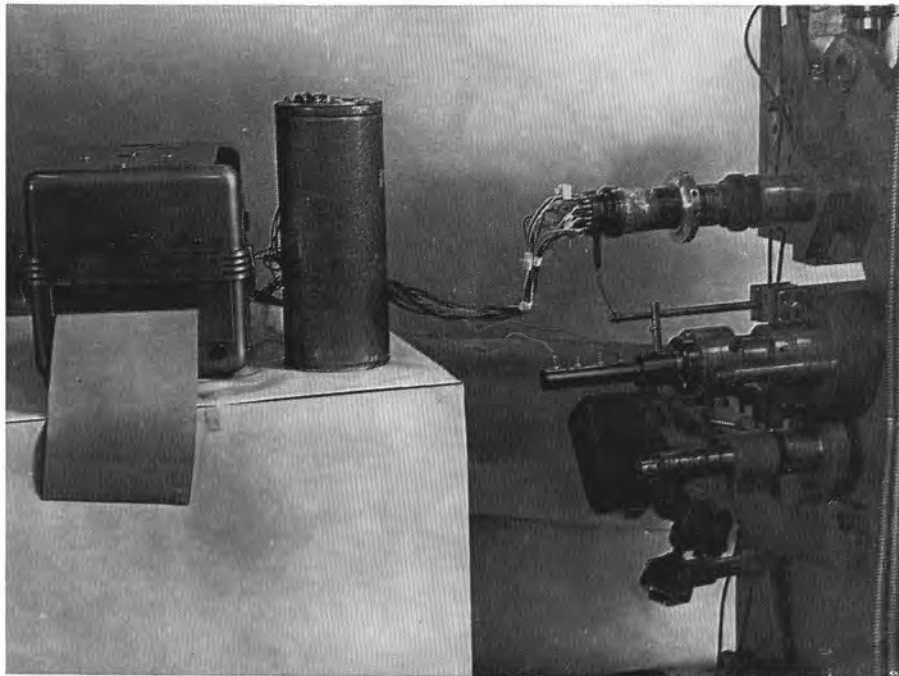


Bild 10 Teilansicht Visicorder und Schleifringkörper mit Vergleichsstelle.

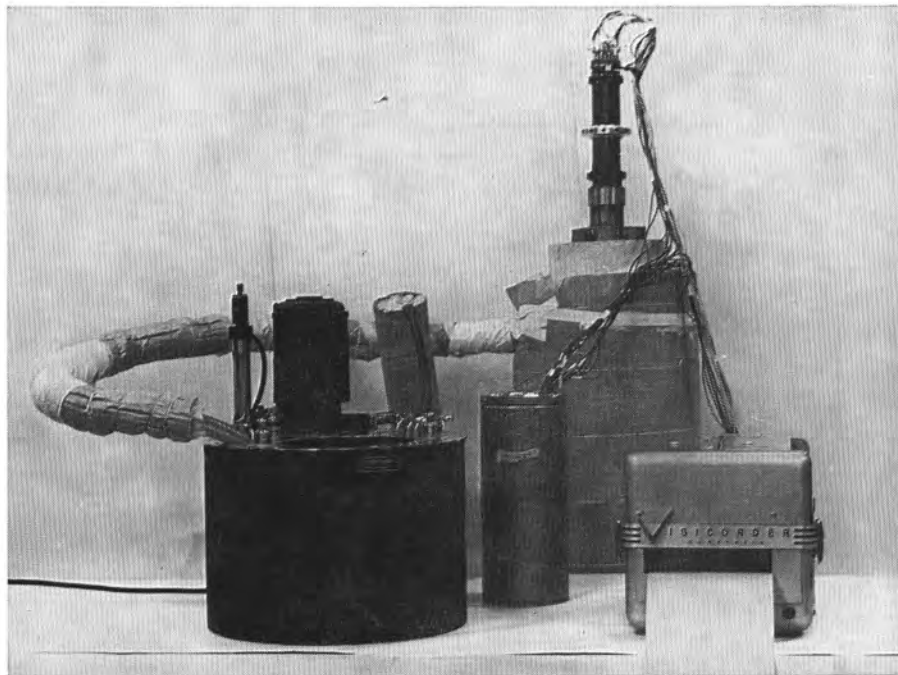


Bild 11 Eichvorrichtung mit eingesetzten Presseur, Thermostat und Registriergerät.

Eichkurve für Thermoideal (neu)
(Galvanometer N 100/120 10 Ω Reihe)
(für Vergleichsmessung)

Ausschlag [cm]

$t [^{\circ}\text{C}]$

7
6
5
4
3
2
1
0

100

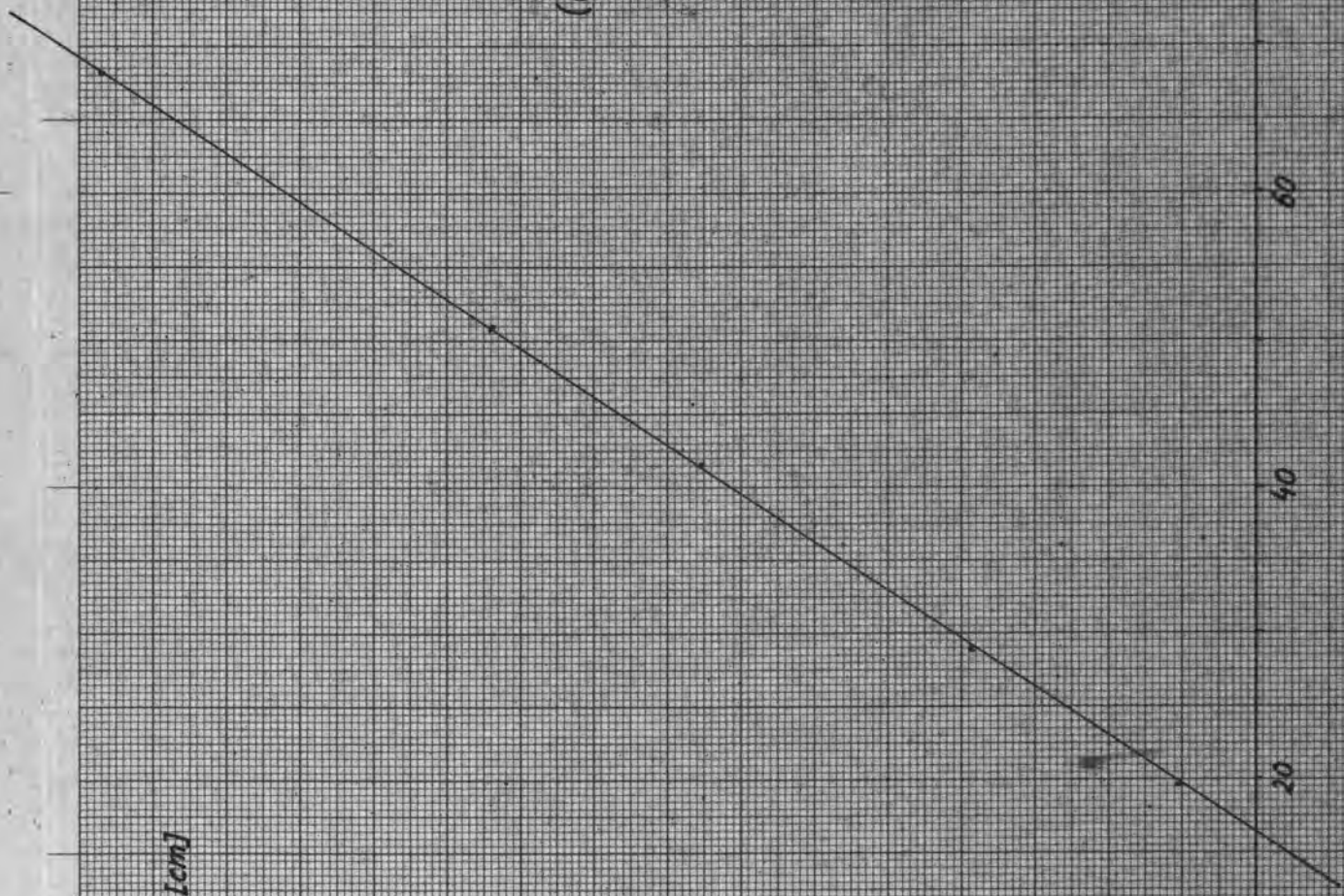
80

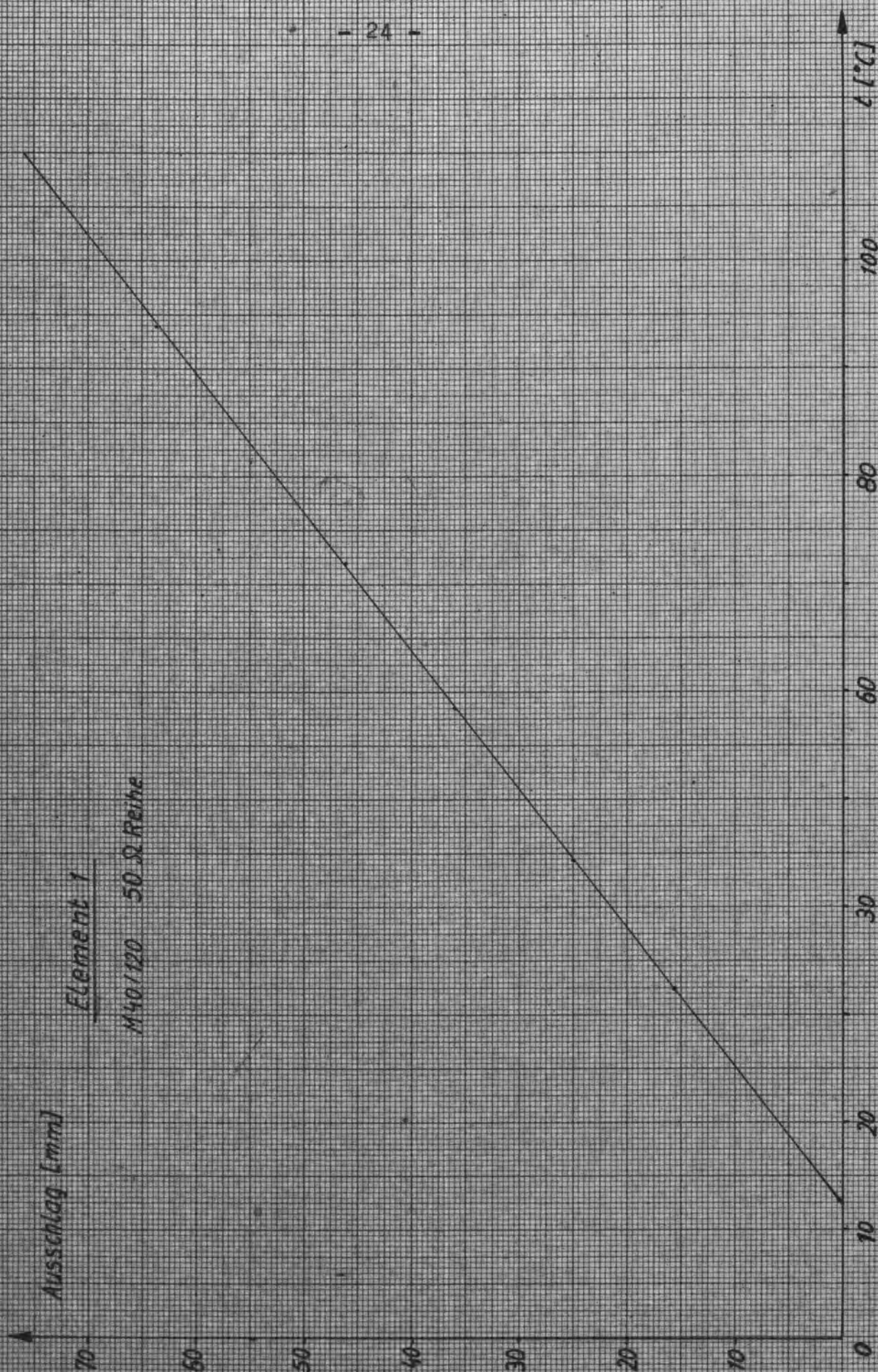
60

40

20

10





Ausschlag [mm]

Element 2

M 40/1120 50 & Reihe

$t [^{\circ}\text{C}]$

100

80

60

40

20

10

0

70

60

50

40

30

20

10

Ausschlag [mm]

Element 3

M40/120 50 Q Reihe

[°C]

100

80

60

40

20

0

70

60

50

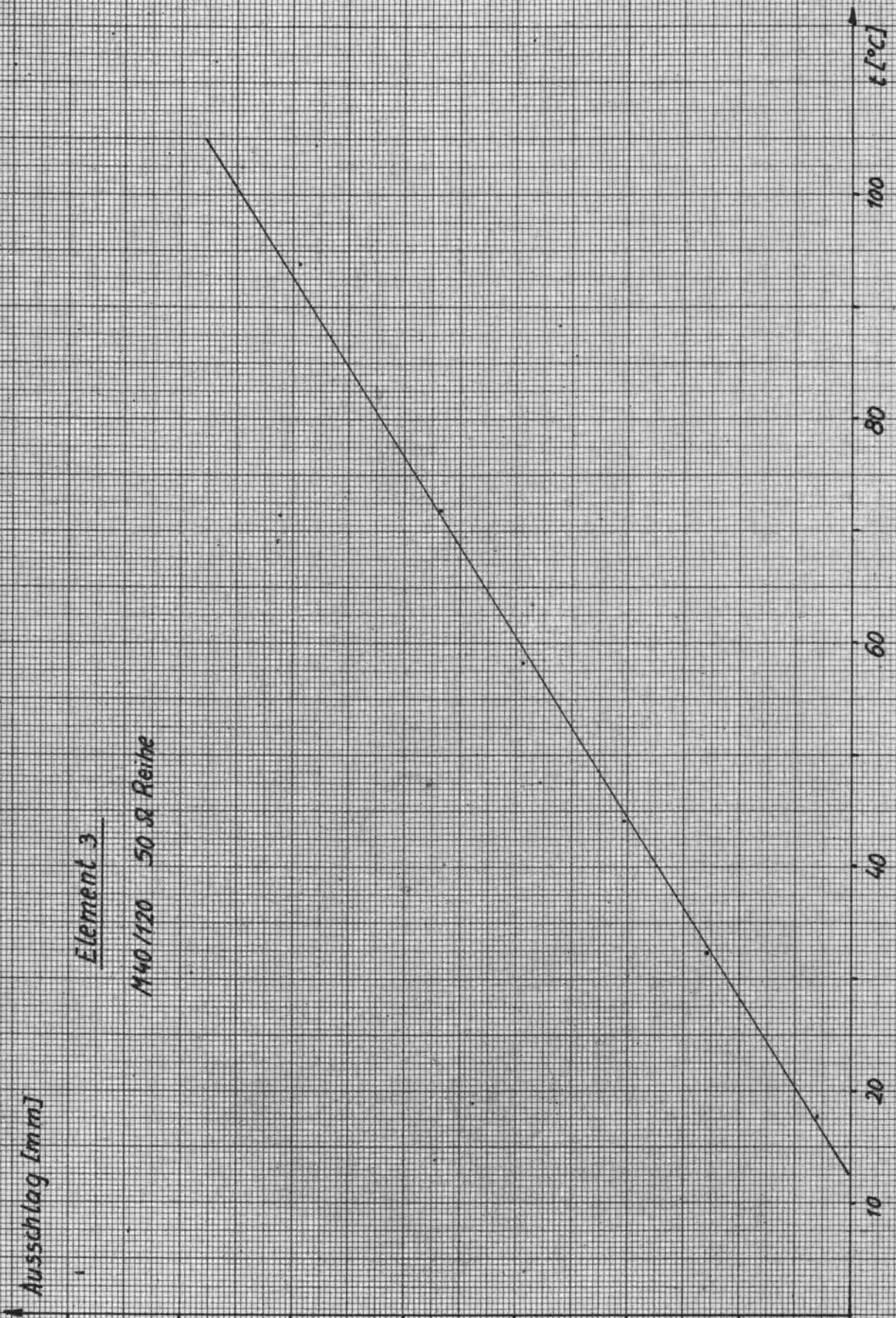
40

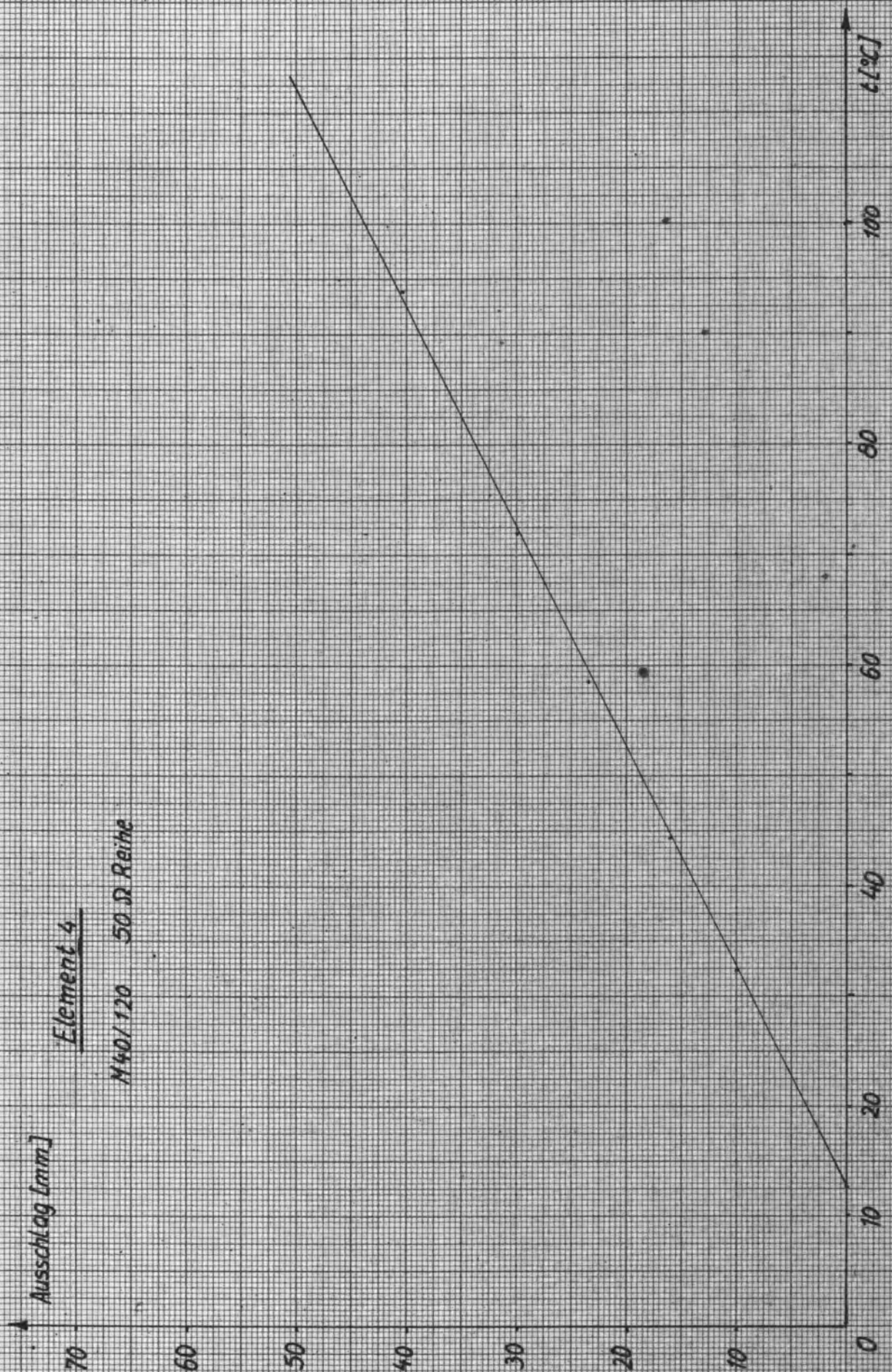
30

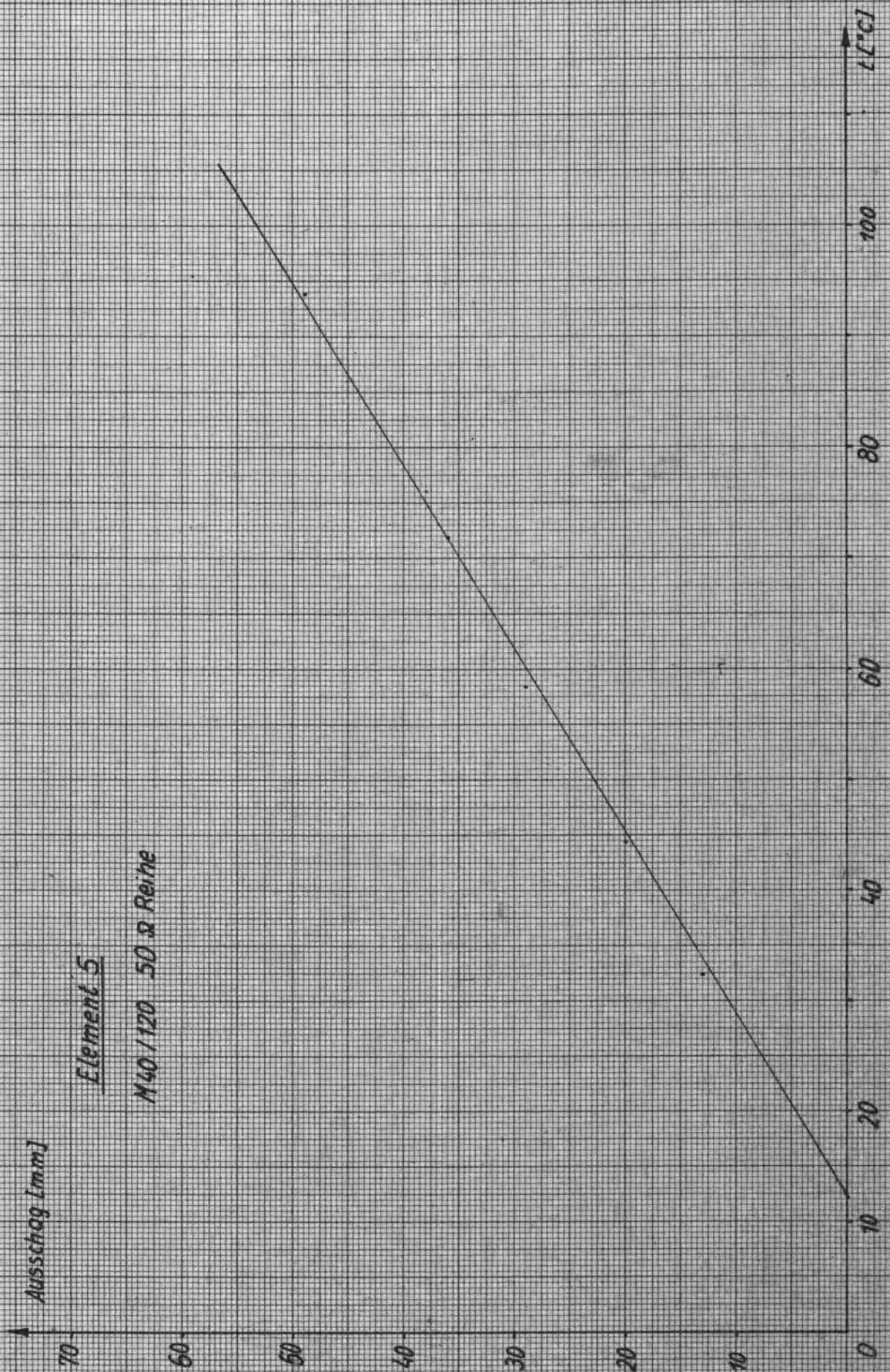
20

10

0







Ausschlag (mm)

Element 6

M40/120 50 Ω Reihe

- 29 -

$[2,73]$

100

80

60

40

20

10

0

70

60

50

40

30

20

10

Ausschlag [mm]

Element 7

N40/120 50 Ω Reihe

- 30 -

$t [^{\circ}\text{C}]$

100

80

60

40

20

0

70

60

50

40

30

20

10

Ausschlag [mm]

Element 8

M 40/120 50 Ω Reihe

$t [^{\circ}\text{C}]$

100

80

60

40

20

0

70

60

50

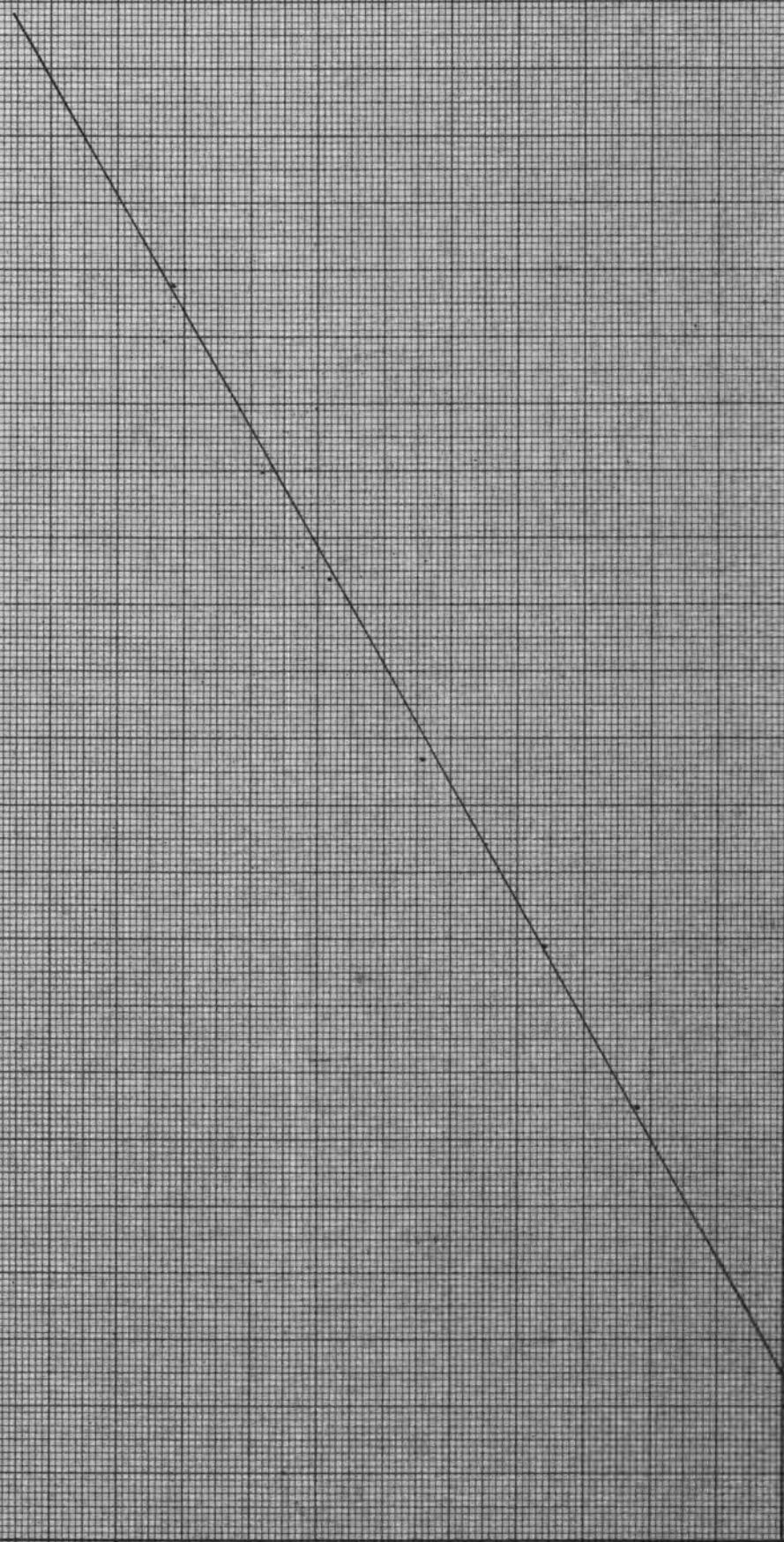
40

30

20

10

0



Ausschlag [mm]

Element 9

M40 / 120 50 Q Reihe

- 32 -

[°C]

100

80

60

40

20

10

0

70

60

50

40

30

20

10

Ausschlag [mm]

Element 10

M 100 / 120 30 Ω Reihe

- 33 -

$t [^{\circ}\text{C}]$

100

80

60

40

20

10

0

70

60

50

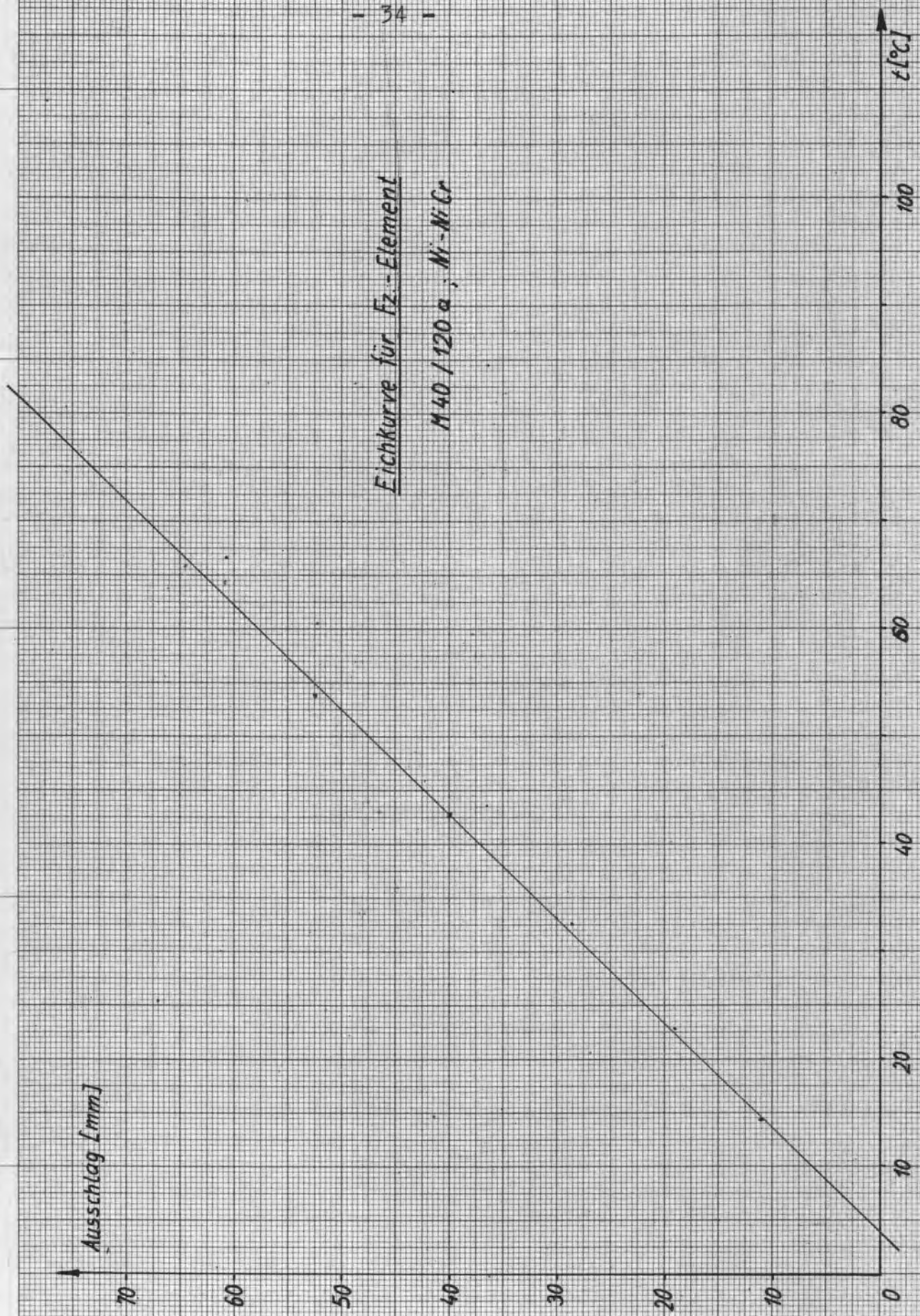
40

30

20

10

Eichkurve für Ez.-Element
M40 / 120 a; Ni-NiCr



2.4.2 Eichung des Formzylinder-Thermoelementes.

Die Eichung des Formzylinder-Thermoelementes erfolgte nach den Messungen.

Die Meßstelle des eingeklebten (vergl. Kap.2.2.1) Thermoelementes wurde herausgelöst und in ein Reagenzglas mit Silikonöl gebracht. Dadurch wurden leitende Verbindungen zwischen den Thermo-Komponenten und damit verbundene Meßfehler vermieden, die beim bloßen Eintauchen in das vom Thermostaten temperierte Wasser entstehen.

Für die Übertragung der Thermospannungen vom rotierenden Formzylinder zum Registriergerät wurde der in Kap.2.3.4 beschriebene Quecksilber-Drehübertrager verwendet. Ansonsten entsprach die Meßanordnung den übrigen Messungen.

2.4.3 Beurteilung der Meßergebnisse.

Von den für die Temperaturuntersuchung möglichen und interessanten Veränderlichen wie:

- 1) Laufgeschwindigkeit (Anzahl der Walkungen/Zeiteinheit)
- 2) Druckanstellung
- 3) Belagdicke
- 4) Art der Gummimischung
- 5) Härte des Vulkanisates
- 6) Formzylinder- und Presseurinnenkühlung
- 7) Abmessungen der Zylinder
- 8) Anordnung der Zylinder

wurden für diese Versuche nur die Laufgeschwindigkeit, Druckanstellung und Kühlung verändert.

Die Reihenfolge der Versuche wurde so gewählt, daß zuerst die Versuchsreihen mit geringer mechanischer Beanspruchung der Thermoelemente durchgeführt wurden. Die ersten Meßergebnisse, die im wesentlichen zur Erkennung der Größenordnungen dienten, wurden durch Einstich in die Gummischicht mit einer Thermonadel (Fe-Konst.) erhalten und auf Blatt 36 als Funktion $t = f(h)$ aufgetragen.

Messung durch Einstich mit einer Fe-K Thermonadel

Formzylinder 10000 U/h, Druck: 80 Skt

Formz 17000 U/h, Dr: 40 Skt

Formz 10000 U/h, Dr: 40 Skt

Formz 4000 U/h, Dr: 80 Skt

Formz 2000 U/h, Dr: 80 Skt

Formz 4000 U/h, Dr: 40 Skt

Formz 2000 U/h, Dr: 40 Skt

Raumtemperatur $22^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}$

Dabei sei darauf hingewiesen, daß die meisten Temperaturuntersuchungen im Betriebszustand der Maschine ohne Papierlauf und ohne Farbe durchgeführt wurden. Die Temperaturwerte gelten deshalb nicht absolut, kennzeichnen jedoch die Abhängigkeit der Presseurerwärmung von den einzelnen, gewählten Veränderungen, so daß sinnvolle Schlußfolgerungen gezogen werden können.

Die wesentlichen Veränderungen der Betriebsbedingungen der Maschine beim Lauf ohne Papier sind folgende:

Zwischen Presseur und Formzylinder kommt es zur direkten Berührung, dadurch wird eine gute wärmeleitende Verbindung geschaffen.

Die im Gummibelag entstehende Dämpfungswärme kann zusätzlich über die Formzylinderzapfen in die Maschinenwandung abfließen.

Die Formzylindertemperatur wird nicht von der Farbebeeinflusst. Die Wärmeabfuhr durch das Papier unterbleibt. Die Wirkungsgrößen dieser Veränderungen hinsichtlich der Presseurerwärmung können durch geeignete Meßmethoden erfaßt werden.

Es ist die Frage, ob der zusätzliche Wärmeabfluß über den Formzylinder oder die Kühlung der Presseuroberfläche durch den laufenden Papierstrang einen geringeren Temperaturanstieg im Gummibelag bewirkt.

Wie groß ist der Kühlanteil der Druckfarbe? Im Verlaufe dieses Berichtes wird noch näher auf diese Fragen eingegangen.

Zu den Einstichmessungen ist noch folgendes zu bemerken:

Es ist für die Genauigkeit der Messung des Temperaturwertes von Nachteil, daß die Nadel von Hand eingestochen werden mußte. Die Einstiche erfolgten in der Mitte des Zylinders. Die Nadel wurde dabei solange nachgeschoben bis fester Widerstand sie daran hinderte. Obwohl anzunehmen ist, daß die Spitze immer bis auf die Hartgummischicht vordrang, können keine genauen Angaben über die Einstichtiefe gemacht werden. Die Nadel wurde vorgewärmt, um der lokalen Wärmeabfuhr und damit der Verfälschung des Meßergebnisses infolge ihrer großen Masse entgegen zu wirken.

Da beim Einstechen die Reibungswärme einen erheblichen Ausschlag bewirkt, wurde immer der Wert registriert, der nach einer Abklingzeit von 15 Sekunden vorlag. Wie Vergleichsmessungen gezeigt haben, können diese Maßnahmen als gute Näherung an die wirklich vorliegende Temperatur angesehen werden. Die Abweichungen liegen unter 8% des Temperaturnennwertes.

Bei den Einstichmessungen konnte besonders bei den Versuchen mit höheren Presseurtemperaturen die Veränderung der Festigkeitseigenschaften des Gummis festgestellt werden. Die Nadel ließ sich mit steigender Temperatur immer leichter einführen.

Gummi gehört zu den Werkstoffen, bei denen die Erscheinungen wie Fließen, bleibende Verformung, Abnahme der Anfangsspannung und Wärmeentstehung infolge schnell aufeinander folgender Deformationen als Folgen eines molekularen Umschichtungsprozesses erklärt werden.

Im spannungslosen Zustand haben die Glieder der langen Kettenmoleküle eine Anordnung, die einen Gleichgewichtszustand darstellt. Bei Aufbringen einer äußeren Spannung wird dieser gestört und das Material sucht eine Struktur anzunehmen, welche den neuen Bedingungen angepaßt ist. Bei diesem Umschichtungsprozess wird ein Teil der mechanischen Energie für Molekularschwingungen verbraucht.

Im engen Zusammenhang mit den Energieverlusten und der Wärmeentstehung stehen die dynamische Zähigkeit und der dynamische E-Modul.

Unter dem Energieverlust (Hysteresis) versteht man den Teil der Energie, welcher bei einer Vollschrwingung absorbiert wird. Die Fläche der Hysteresisschleife ist gleich der Arbeit, die zur Überwindung der viskosen Strukturkräfte geleistet werden muß.

Der Elastizitätsmodul fällt bei den meisten Gummimischungen mit steigender Temperatur.

Man kann die Hysteresis verschiedener Mischungen bei gleicher Amplitude (Wechselkraft) und Frequenz vergleichen.

Es zeigt sich, daß nur die dynamische Zähigkeit

$$\eta = b \cdot q$$

b = Dämpfungskoeffizient

q = Formfaktor

für die Energieverluste maßgebend ist.

Hysteresisverluste zweier Mischungen sind dann der dynamischen Zähigkeit direkt proportional. Je nach der Art der Mischung nimmt die dynamische Zähigkeit und die Hysteresis mit steigender Temperatur stärker ab, d.h. mit zunehmender Erwärmung des Materials wird die Wärmeentwicklung geringer.

Die Hysteresis steigt mit steigender Amplitude quadratisch an. Der Elastizitätsmodul fällt dagegen mehr oder weniger ab.

Die Hysteresis sinkt mit wachsender Vulkanisationszeit.

Bei genauer Betrachtung des Gummis kann man eine enge Verflechtung mit thermischen Vorgängen feststellen.

Kautschuk hat die Eigenschaft, bei großen Dehnungen zu kristallisieren. Damit tritt die thermische Seite bei der Deformation und die Möglichkeit zu zusätzlichen thermischen Dämpfungen noch stärker in Erscheinung.

Der Wärmeeffekt durch Entropieverminderung (Kristallisation) stellt sich momentan ein. Der Wärmeeffekt durch die viskosen Mechanismen wirkt sich ebenfalls sofort als Temperaturerhöhung aus, was bei wiederholter Spannung und Entspannung zu einem laufenden Weitersteigen der Temperatur führt, während der entropische Temperatureffekt bei jeder Entspannung wieder zurückgeht.

Der Erwärmung der Gummischicht wirken Wärmeableitung und Wärmeabstrahlung entgegen. Zwischen diesen Vorgängen bildet sich ein Gleichgewicht aus, welches bei einer um so höheren Temperatur erreicht wird, je geringer die Wärmeleitung der Mischungen ist.

Es entspricht der allgemeinen Annahme, daß die Lebensdauer bei dynamischer Beanspruchung hauptsächlich eine Funktion der Temperaturentstehung ist und Mischungen, welche geringere

Temperaturerhöhungen zeigen, solchen mit höherer überlegen sind. Bei Erreichung bestimmter Temperaturen nimmt die Laufzeit sehr rasch ab.

Die aus der Gummiforschung bekannten Erkenntnisse ergänzen die Meßergebnisse in anschaulicher Weise. Alle Temperaturkurven zeigen die gleichen Tendenzen. Die periodische Deformierung der Gummischicht wirkt sich schon in Bruchteilen von Minuten als eine starke Temperaturerhöhung aus. Es kommt zu einem mehr oder weniger großen Wärmestau.

An Hand der hier aufgenommenen Temperaturkurven kann eine Aussage über den Einfluß verschiedener Druckanstellungen und Laufgeschwindigkeiten mit und ohne Kühlung gemacht werden. Offen bleiben jedoch die Einflüsse der auf Blatt 35 erwähnten anderen Faktoren.

Um den Kurvenverlauf genau zu diskutieren, müßten grundlegende Untersuchungen angestellt werden. Der Wärmestau hängt z.B. sehr von der Wärmeleitzahl λ ab. Die Abhängigkeit der Wärmeleitzahl von der Temperatur, das Vorhandensein von unzähligen, verschieden großen Wärmequellen innerhalb des Belagmaterials, die Veränderungen der physikalischen Eigenschaften mit der Temperatur, Belastungsänderungen durch Wärmeeinflüsse u.a.m. beeinflussen den Temperaturverlauf in komplexer Weise. Die Unkenntnis dieser Wirkungsgrößen machen eine exakte Begründung des Kurvenverlaufes unmöglich.

In diesem Zusammenhang ist z.B. interessant, daß bei der Durchführung des Versuches 6 der Presseur zur Bedienungsseite hin über der Meßstelle 1 eine blasige Stelle bekam. Die Messung mußte abgebrochen werden, um die völlige Zerstörung des Zylinders zu vermeiden. Das Thermoelement 1 war jedoch unversehrt geblieben, so daß bei den Nachversuchen 10 und 11 deutlich gezeigt werden kann, wie sehr die Temperatur an einer blasigen Stelle anwächst. Man kann sich leicht vorstellen, daß bei solchen Temperaturerhöhungen der Gasdruck stark zunimmt, was letztlich ein plötzliches Explodieren des Zylinders zur Folge haben kann.

Die Untersuchungen mit den eingebauten Thermoelementen gliedern sich wie folgt auf:

Versuch	Formzyl. Umdreh/h	Druck Skt	kp/cm	Kühlung
1	4 000	40	24	ohne Kühlung
2	4 000	40	24	mit Presseur-Kühlung
2a	4 000	40	24	mit Formzylinder-Kühlung
3	4 000	80	50,2	ohne Kühlung
4	10 000	40	24	ohne Kühlung
5	10 000	40	24	mit Presseur-Kühlung
5a	10 000	40	24	mit Formzylinder-Kühlung
6	10 000	80	50,2	ohne Kühlung
7	17 000	40	24	ohne Kühlung
8	17 000	40	24	mit Presseur-Kühlung
8a	17 000	40	24	mit Formzylinder-Kühlung
9	10 000	40	24	ohne Kühlung mit Papier am Ende
10	10 000	40	24	ohne Kühlung. Vergleich: Fz.- Presseur-Temp.
11	10 000	40	24	ohne Kühlung, Papier von Anfang an.

Die Meßergebnisse der einzelnen Versuche sollen nun betrachtet werden.

Versuchsreihe 1, 2, 2a, 3.

Beim Aufzeichnen der Temperaturkurven wurde so vorgegangen, daß für jedes Element die zu einer Laufgeschwindigkeit gehörenden Temperaturen bei verändertem Druck und veränderten Kühlungsverhältnissen unmittelbar abzulesen sind.

Wie man aus den Diagrammen entnehmen kann, ist die Presseurinnenkühlung am wirksamsten.

Die Temperaturverteilung in der Gummischicht ist nicht bekannt. Aufgrund der Meßergebnisse beim Vergleich der Elemente

1 bis 5 und 6 bis 10 kann jedoch gefolgert werden, daß die Temperaturen zum Weichgummi hin höher liegen. Da es aber, wie eingangs schon erwähnt, für die Haltbarkeit eines Gummizylinders hauptsächlich auf die gute Bindung zwischen Stahlkern und Gummi ankommt, dürfte die Presseurinnenkühlung am geeignetsten sein.

Vielleicht ist es angebracht, die Haltbarkeit durch ein in die Hartgummischicht eingelagertes Gewebe zu erhöhen. Dadurch würden Dehnungen und Verschiebungen in tangentialer und radialer Richtung mehr als bisher unterbunden, wodurch die Haftung am Stahlkern erhöht werden dürfte.

Eine interessante Erscheinung ist der Kurvenverlauf beim Lauf mit Presseurkühlung, wie aus den Nachversuchen zu ersehen ist. Da bei allen Versuchen so vorgegangen wurde, daß die Messung abgebrochen wurde, sobald die Temperatur nicht mehr anstieg, war dieser Kurvenverlauf nicht registriert worden. Dieses Verhalten fiel erst bei Nachversuchen auf, somit fehlen die Temperaturwerte verschiedener Elemente. Die auf den Diagrammblättern verzeichneten Beharrungstemperaturen für die Versuche mit Presseurinnenkühlung sind deshalb zu hoch. An Hand der Nach Versuchsergebnisse kann gesagt werden, daß die Beharrungstemperaturen je nach Betriebszustand in Wirklichkeit zwischen 10 bis 35% niedriger liegen.

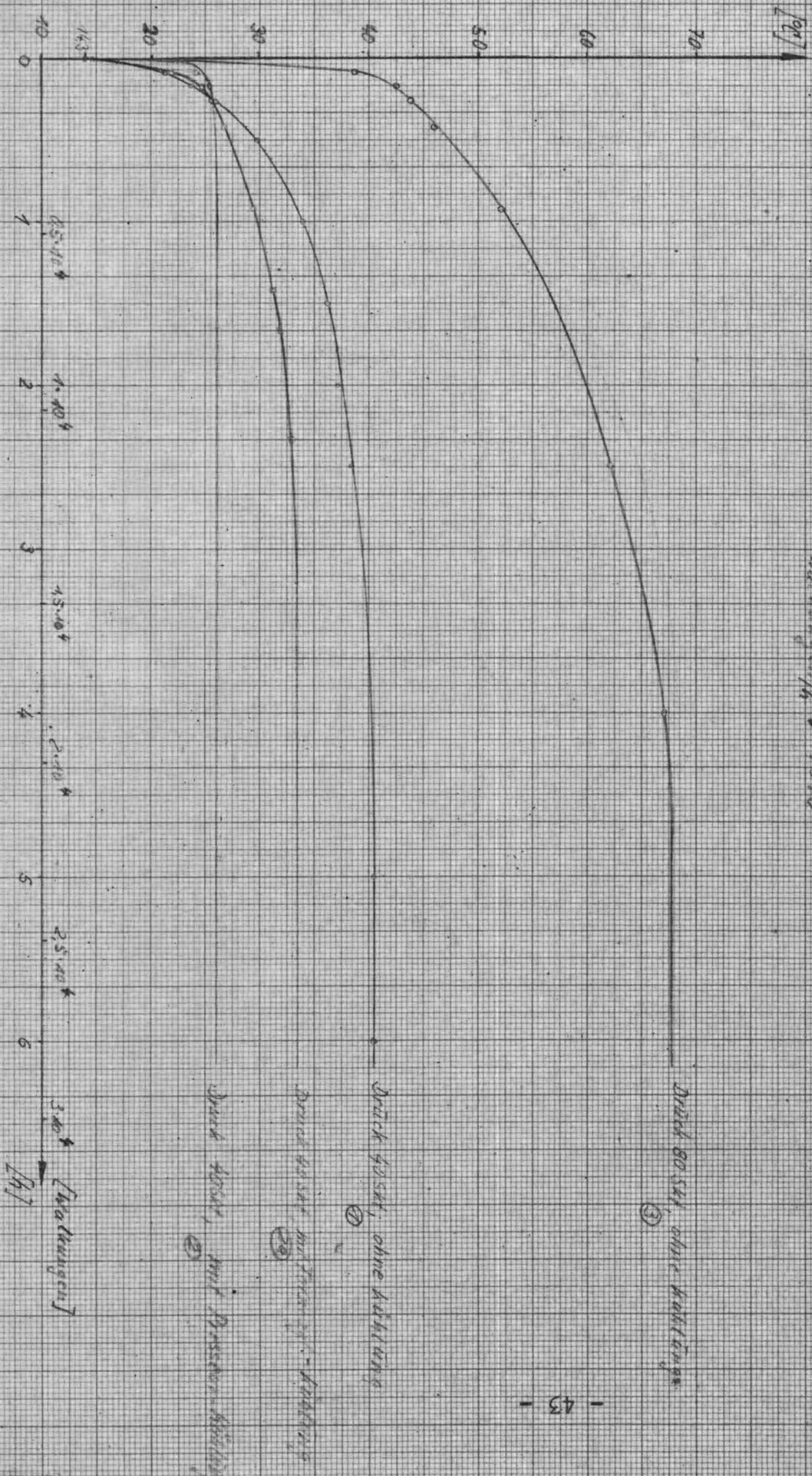
Vergleicht man die Meßergebnisse der Elemente einer Meßstelle, so muß man folgern, daß beachtliche Temperaturdifferenzen innerhalb des Gummibelages auftreten. Die Temperaturwerte der zu vergleichenden Elemente, z.B. 1 und 6, 2 und 7, usw., ergeben Unterschiede bis zu 4°C. Allerdings ist hierbei zu beachten, daß die Elemente nicht direkt übereinanderliegen, sondern in Umfangsrichtung verschoben sind. Diese Tatsache kann auf die Temperatur einen bedeutenden Einfluß haben, wenn einer der Zylinder unrund ist, weil dann die Walkbarkeit örtlich schwankt.

Es ist z.B. auch interessant, daß bei größerem Anstellldruck die Temperaturänderung hinsichtlich der Zylinderlänge größer ist.

Pressurtemperaturen (als Fkt. der Zeit)

Ermittelt v.

Geschw.: 4000 U/h, Raumtemp.: 24,5°C
Kühlungsmittel: 4640



Druck 60 bar, ohne Kühlung
①

Druck 60 bar, mit Kühlung
②

Druck 40 bar, ohne Kühlung
③



Presseurtemperaturen als Fkt. der Zeit etc.

Element ⑥

Geschw.: 4000 U/min ; Raumtemperatur: 24,5°C
 Halblängen: 4640 1/h

[°C]

70

- 44 -

Druck 80 Sat; ohne Kühlung ③

Druck 40 Sat; ohne Kühlung ①

Druck 40 Sat; mit Fz.-Kühlung ②a

Druck 40 Sat; mit Fz.-Kühlung ②

3.104 [Wattmeter]

[h]

25.104

2.104

15.104

1.104

05.104

6

5

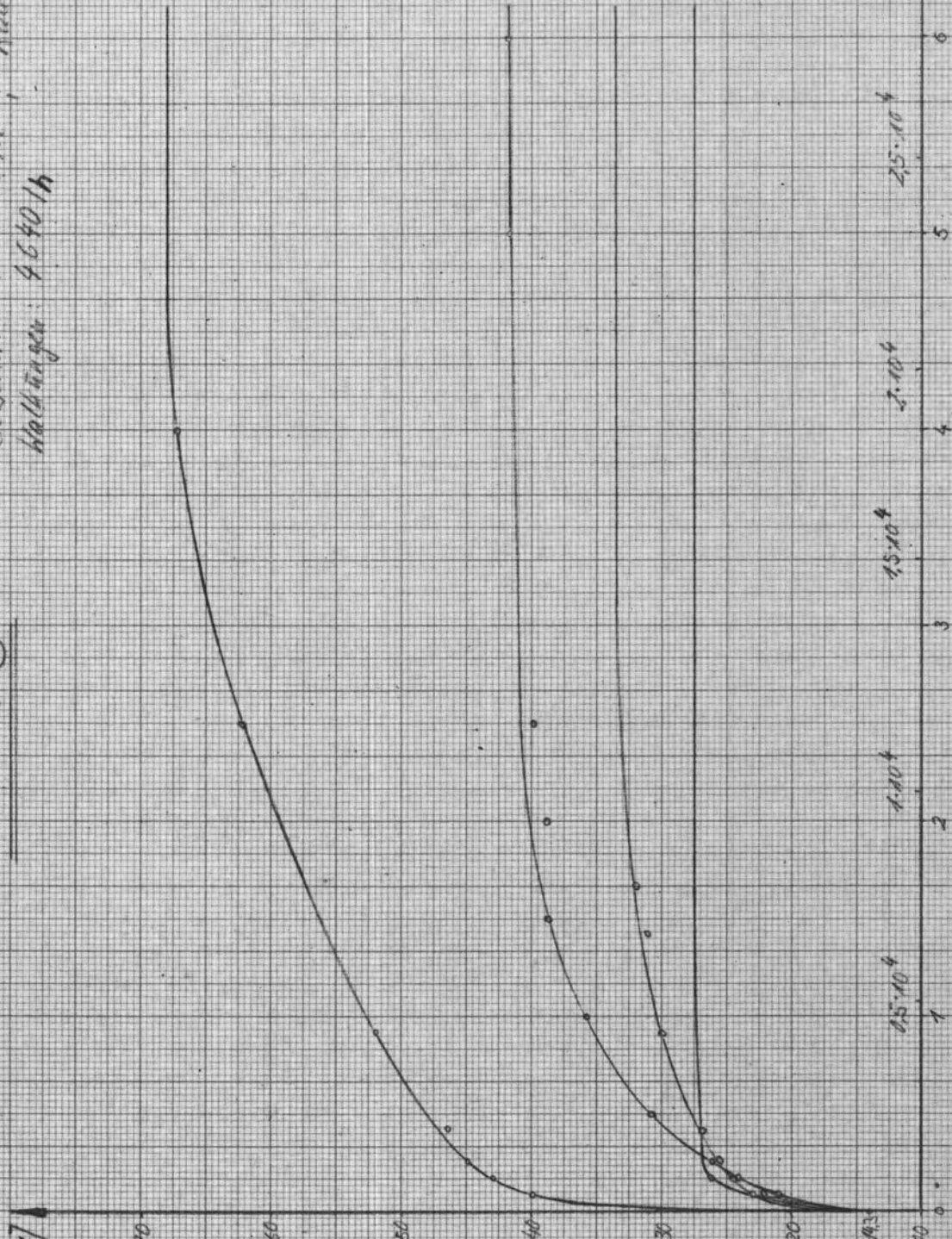
4

3

2

1

0



Pressurtemperaturkurven (als Fkt. der Zeit etc.)

Element 2

Geschw.: 4 mm / min ; Raumtemp.: 24.5 °C
Wälzlängen: 4640 / 10

Druck 20 St.; ohne Kühlung

Druck 40 St.; ohne Kühlung

Druck 40 St.; mit F2-Kühlung ②

Druck 40 St.; mit Po-Kühlung ②

[°C]

70

60

50

40

30

20

10

0

3 · 10⁴ [Wälzlängen]

[h]

25 · 10⁴

2 · 10⁴

15 · 10⁴

100

45 · 10⁴

6

5

4

3

2

1

0

Presseurtemperaturen (als Fkt. der Zeit etc.)

Element 7

Geschw.: 400 U/min ; Raumtemp.: 29,5 °C
 Wärmegrad: 4680 /h

[°C]

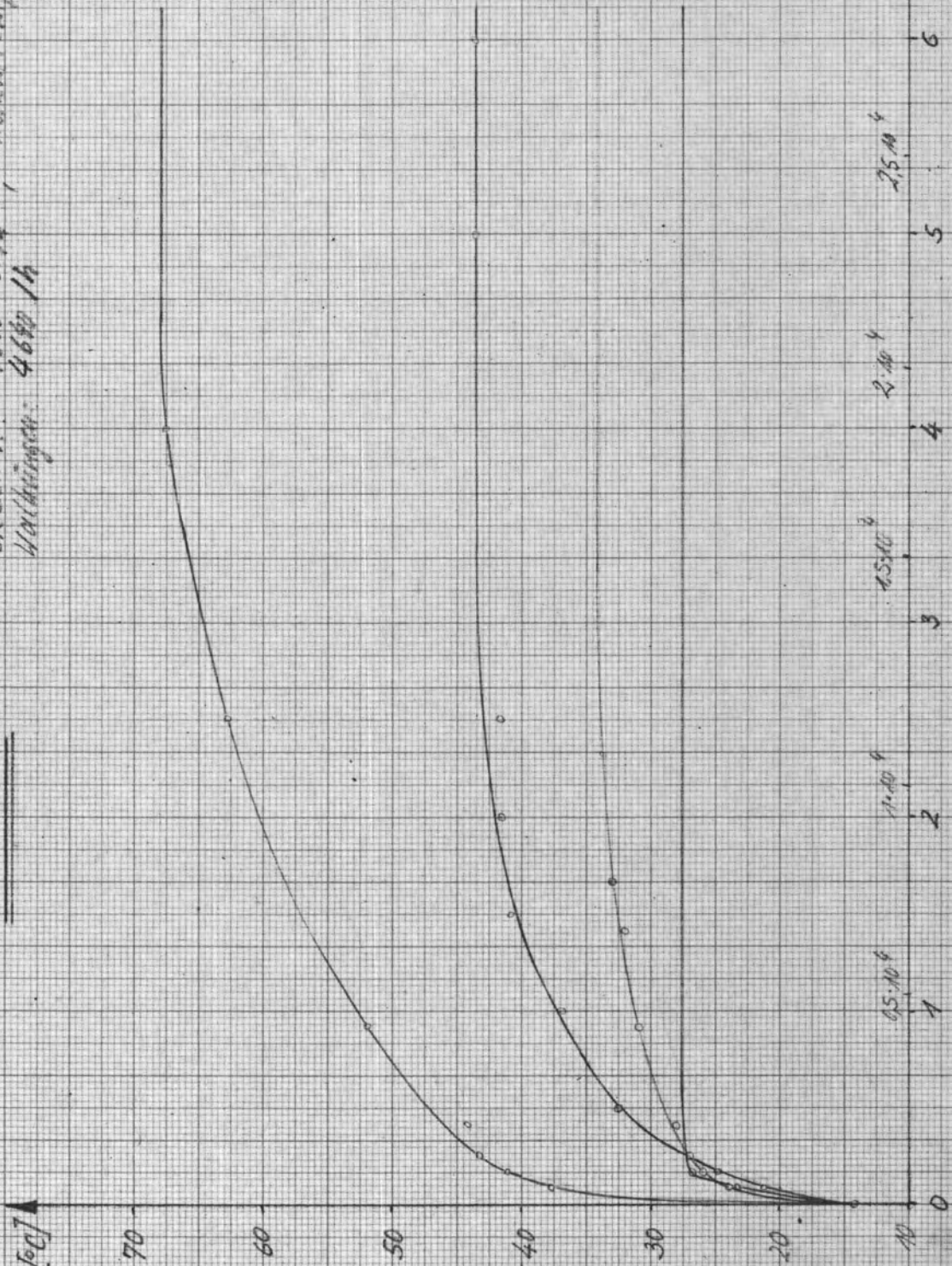
Druck 80 Sat., ohne Kühlung ③

Druck 40 Sat., ohne Kühlung ①

Druck 40 Sat., mit Fz.-Kühlung ②a

Druck 40 Sat., mit Pr.-Kühlung ②

3 · 10⁴ [Wärmegrad]
 /h



Pressurtemperaturen

Element 2

Geschw.: 4000
Walkungen: 4640
Raumtemp.: 21,6°C

Ausgangstemp.: 14,1°C
Druck
mit Pr.-Kühlung

- 47 -

[°C]

[h]

60
50
40
30
20
10
0

6

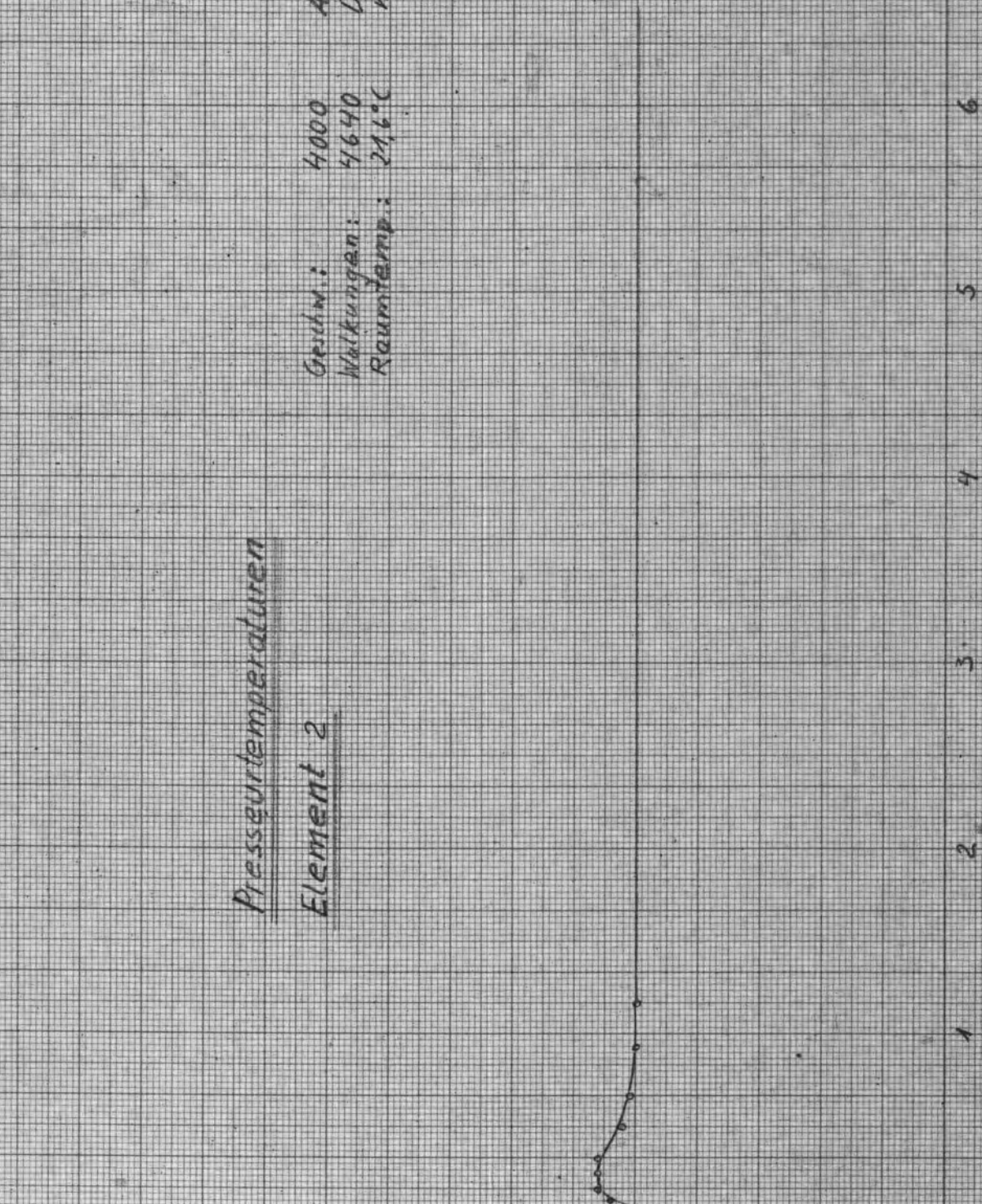
5

4

3

2

1





Presseurtemperaturen (als Fkt. der Zeit etc.)

Element 3

Geschw.: 4 mm u/h, Raumtemp.: 24,5 °C
 Halbkugeln: 4490 kg

[°C]

70

60

50

40

30

20

10

0

Druck 80 Sat, ohne Kühlung - 48 -

Druck 40 Sat, ohne Kühlung

Druck 40 Sat, mit Fz.-Kühlung (20)

Druck 40 Sat, mit Pz.-Kühlung (2)

3.10⁴ [Wattungen]

[h]

2.5.10⁴

2.0.10⁴

1.5.10⁴

1.10⁴

0.5.10⁴

6

5

4

3

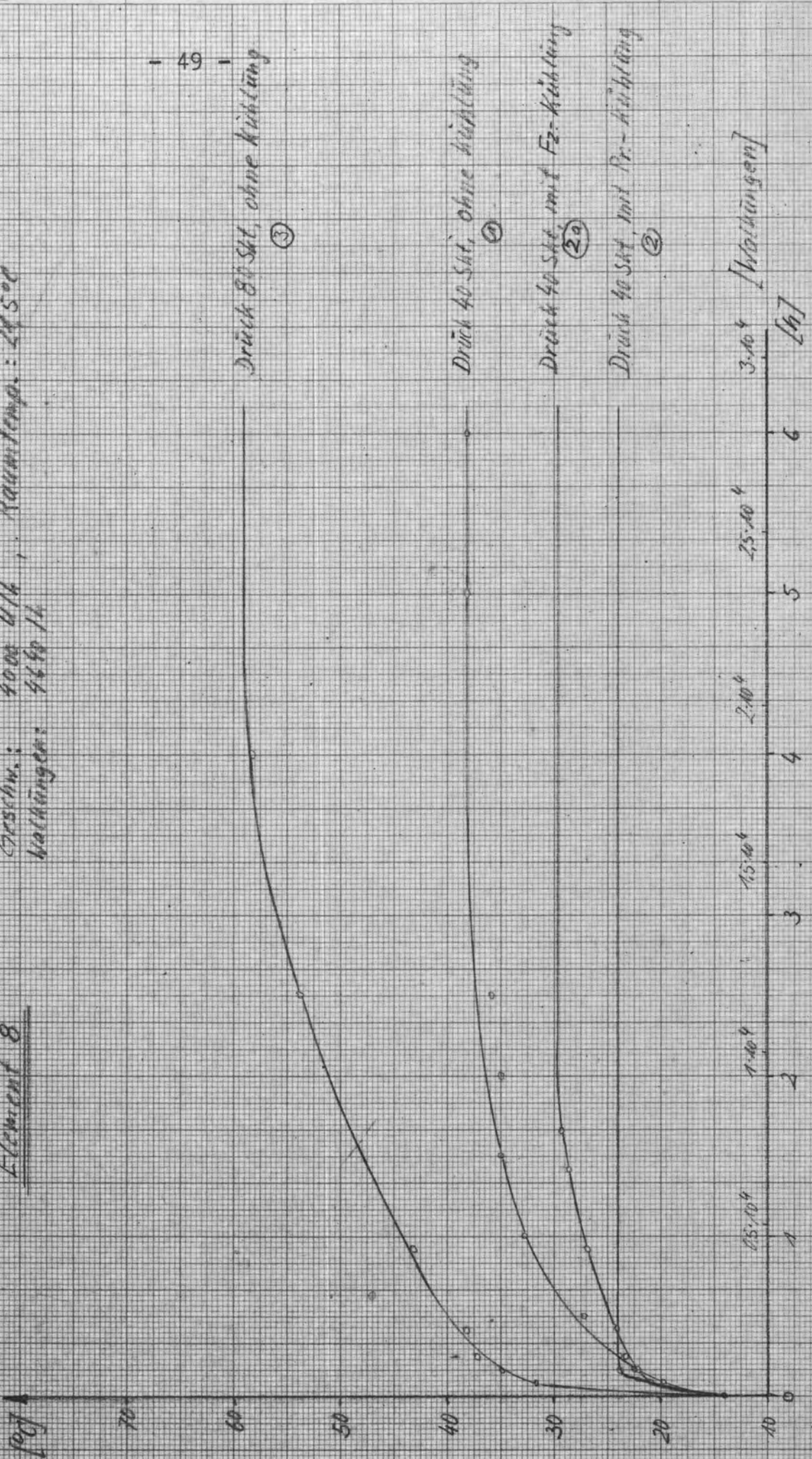
2

1

Pressurtemperaturen (als Fkt. d. Zeit etc.)

Element 8

Geschw.: 4000 U/min, Raumtemp.: 24,5°C
Walzungen: 44/40/14



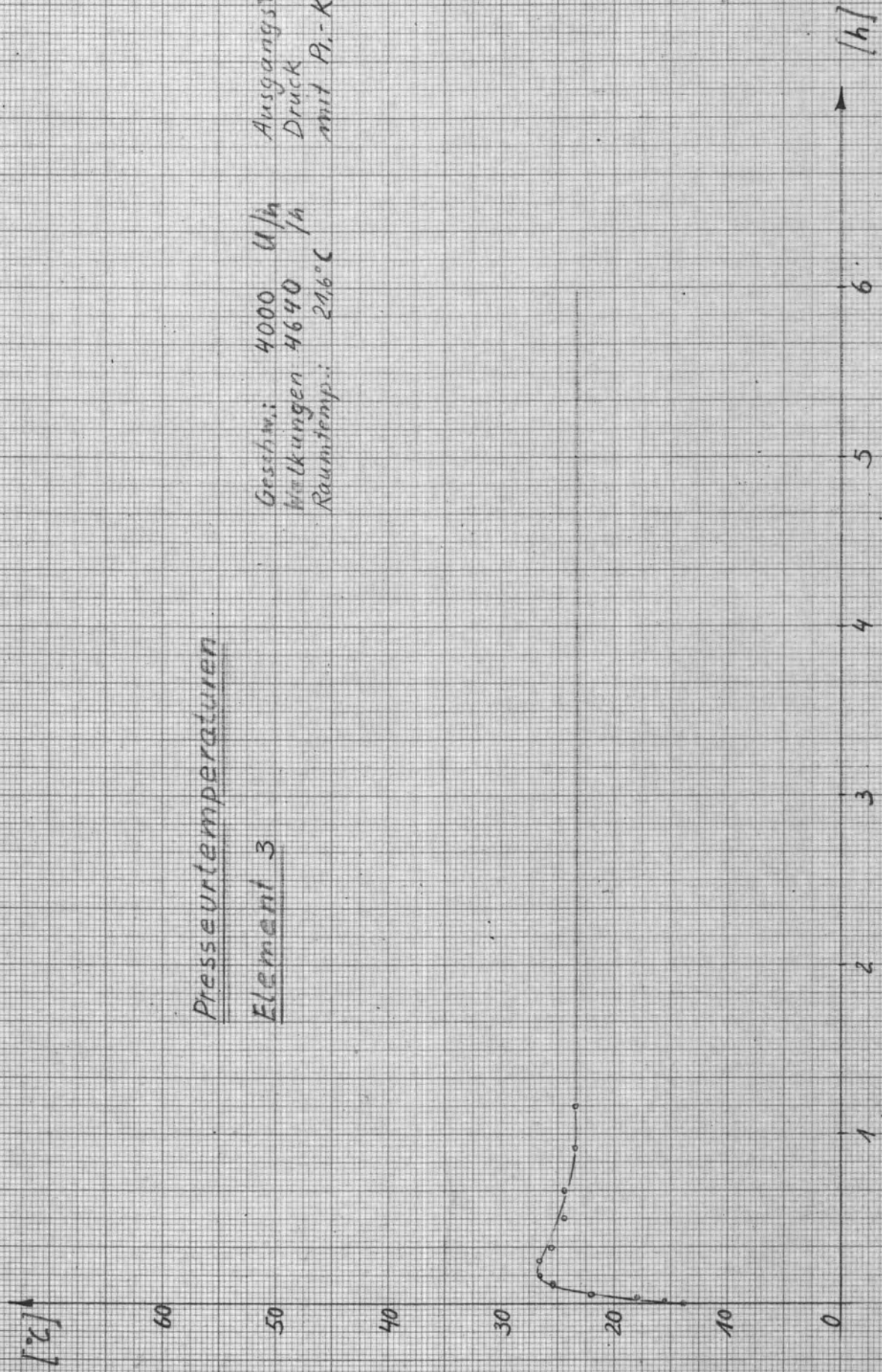
Presseurtemperaturen

Element 3

Geschw.: 4000 U/h
Wirkungen 4640 /h
Raumtemp.: 21,6°C

Ausgangstemp. 141°C
Druck: 40 SKI
mit P_i-Kühlung

- 50 -



Pressurtemperaturen (als Fkt. d. Zeit, etc.)

Element 4

Geschw.: 400 U/h ; Raumtemp.: 24,5 °C
Walzlängen: 4640 / h

[°C]

70

60

50

40

30

20

10

0

Druck 80 bar, ohne Kühlung
(3)

- 51 -

Druck 40 bar, ohne Kühlung
(1)

Druck 40 bar, mit Fz-Kühlung
(2a)

Druck 40 bar, mit A-Kühlung
(2)

$3 \cdot 10^4$ [Walzlängen]

[h]

6

5

4

3

2

1

$25 \cdot 10^4$

$2 \cdot 10^4$

$15 \cdot 10^4$

$1 \cdot 10^4$

$0,5 \cdot 10^4$



Pressurtemperaturen (als Fkt. d. Zeit etc.)

Element 9

Geschwindigkeit: 400 U/h ; Raumtemp: 24,5 °C

Wälkungen : 9640 U/h

Druck 80 St., ohne Kühlung ③

- 52 -

Druck 40 St., ohne Kühlung ⑦

Druck 40 St., mit Fz. Kühlung ②a

Druck 40 St., mit Pz. Kühlung ②

[°C]

70

60

50

40

30

20

10

0

1,5 · 10⁴

1

1 · 10⁴

2

1,5 · 10⁴

3

2 · 10⁴

4

2,5 · 10⁴

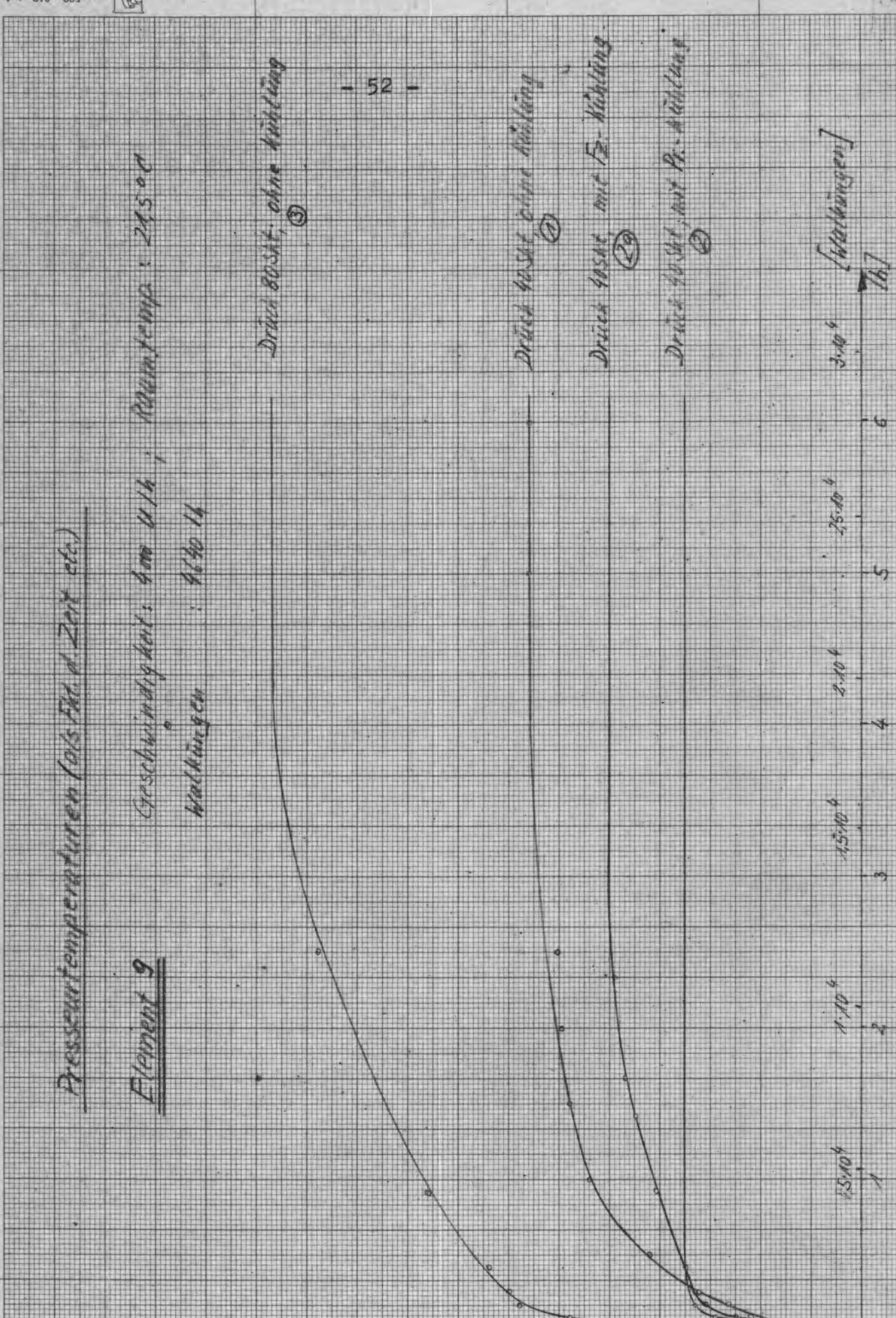
5

3 · 10⁴

6

[Wälkungen]

Th





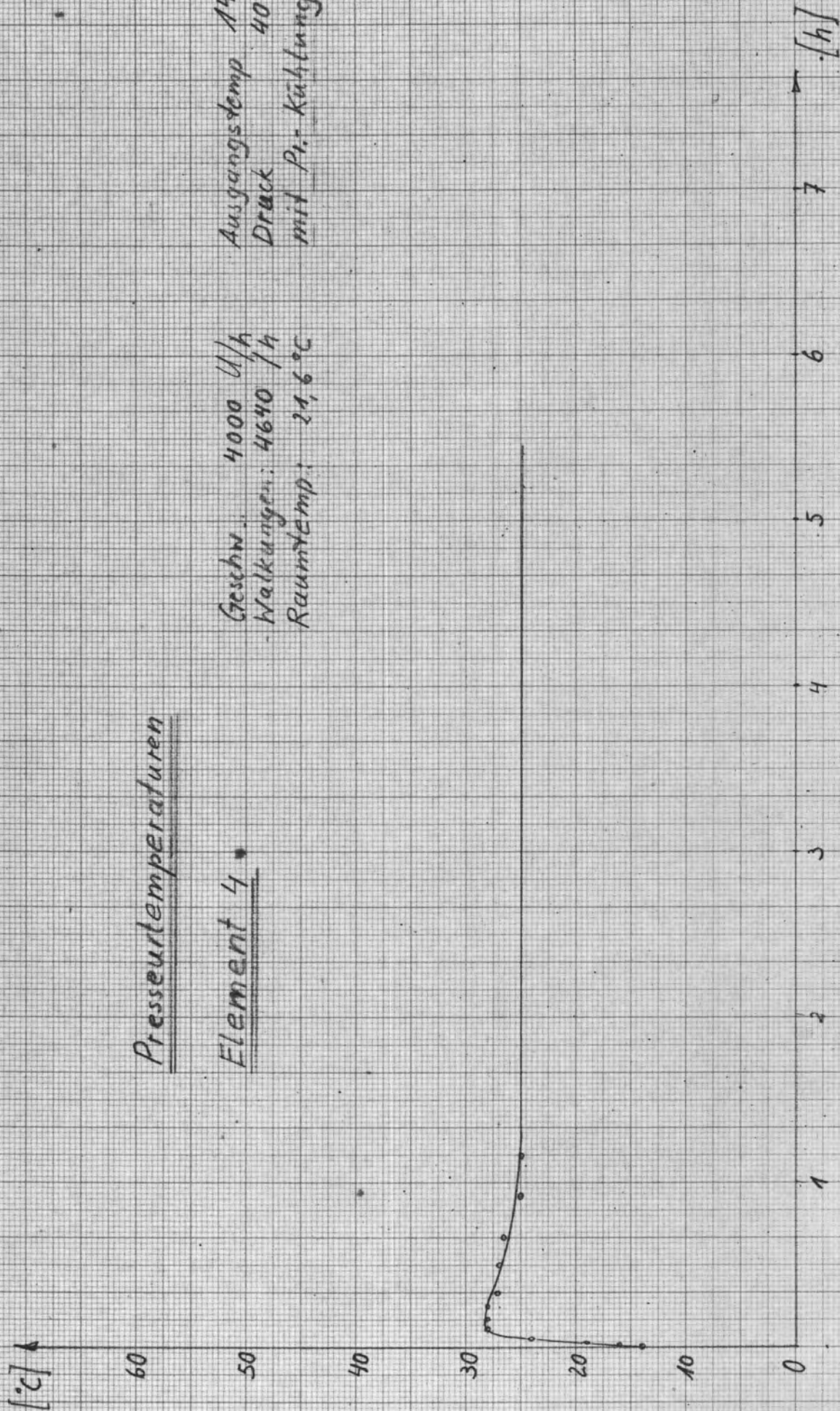
Presseurtemperaturen

Element 4

Geschw.: 4000 U/h
Walkungen: 4640 /h
Raumtemp: 24,6°C

Ausgangstemp 14,1°C
Druck 40 kN
mit Pt.-Kühlung

53

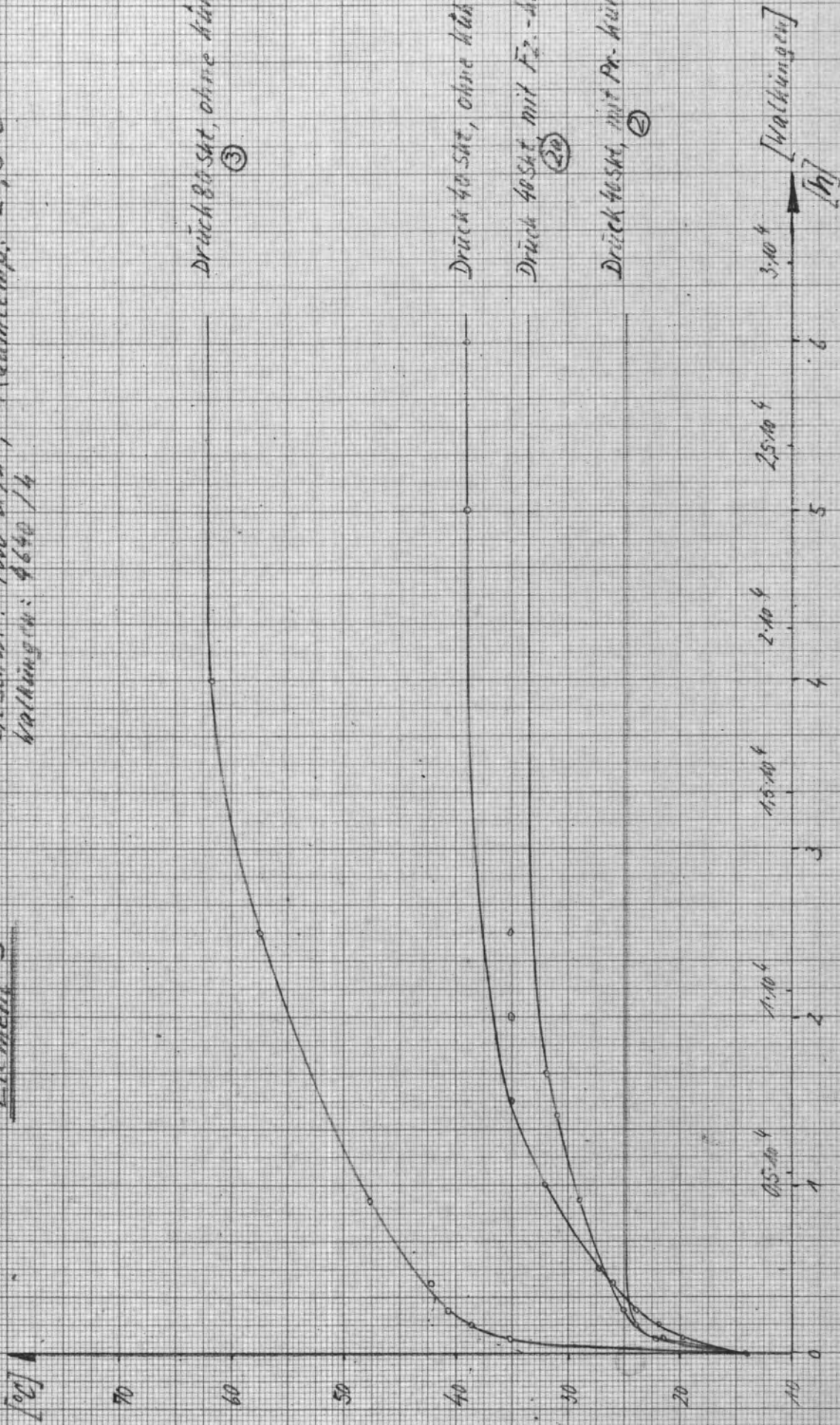


Proseurtemperaturen (als Fkt. d. Zeit etc.)

Element 5

Geschw.: 4mm U/h;
Wahlungsw.: 4640 / h

Raumtemp.: 24,5 °C



Drück 80 Sat, ohne Kühlung
③

Drück 40 Sat, ohne Kühlung

Drück 40 Sat, mit Fz.-Kühlung
②

Drück 40 Sat, mit Pr.-Kühlung
①



Presseurtemperaturen (als Fkt. d. Zeit, etc.)

Element 10

Geschw: 4000 U/min ; Raumtemp: 21,5 °C
Walzungen 4640 1h

(Druck 80 Set, da Extrudiermaschine für Normaldruck benutzt)

[°C]

70

60

50

40

30

20

10

0

Druck 40 Set, ohne Kühlung
①

Druck 40 Set, mit Fz.-Kühlung
②a

Druck 40 Set, mit An.-Kühlung
②b

3 · 10⁴ [Walzungen]

[h]

25 · 10⁴

2 · 10⁴

15 · 10⁴

1 · 10⁴

0,5 · 10⁴

6

5

4

3

2

1

0

Presseurtemperaturen

Element 5

Geschw.:
Walkungen:
Raumtemp.:

4000 U/h
41640 /h
21,6 °C

Ausgangstemp.: 141
Druck 405k1
m. Pr.-Kühlung

56 -

[°C]

60

50

40

30

20

10

0

1

2

3

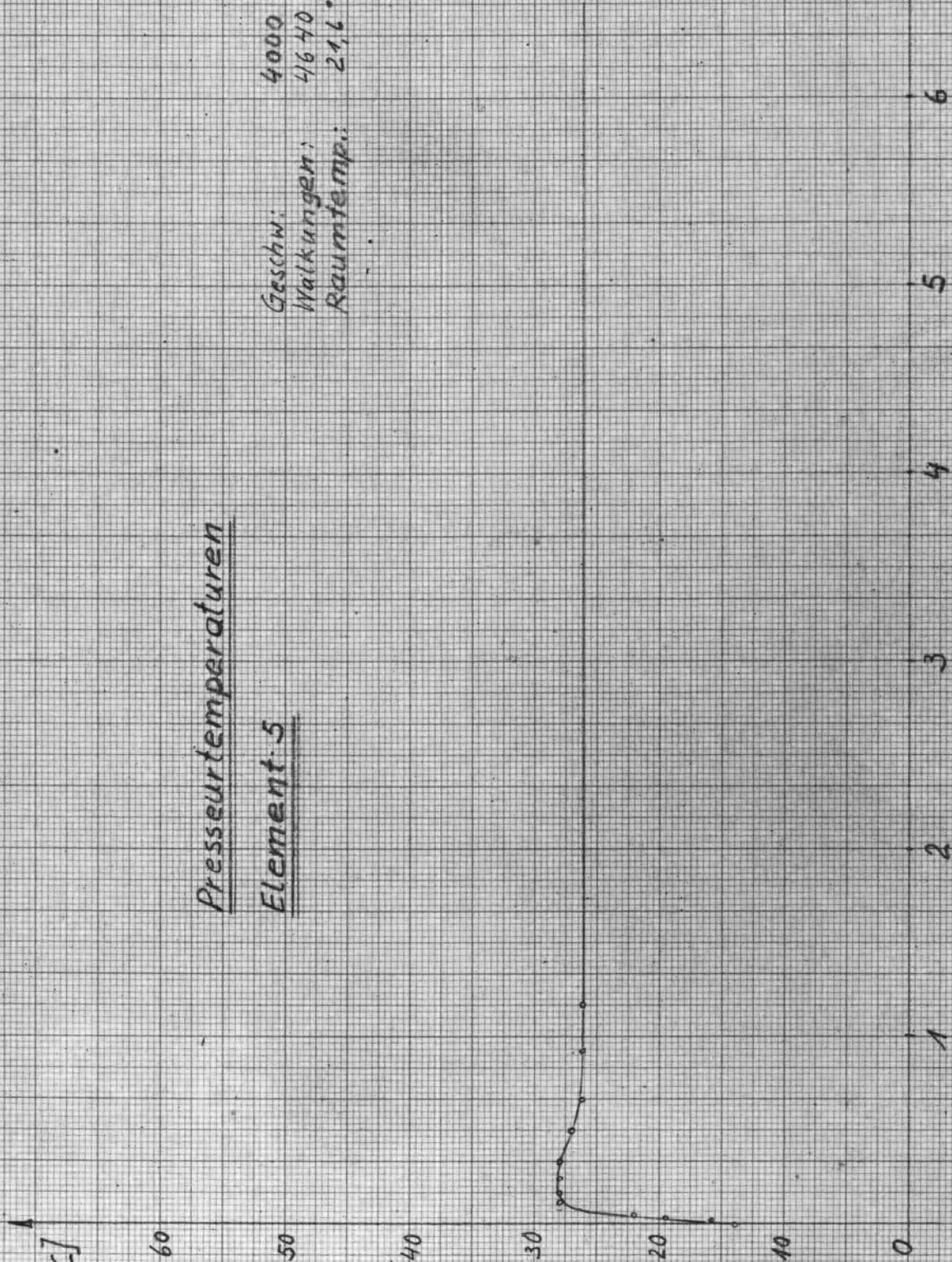
4

5

6

7

[h]



Pressurgrenztemperaturen

Druck 40 Stk u. 80 Stk
Geschw 4000 U/h

$\Delta T_{[^\circ C]}$
80
70
60
50
40
30
20
10

Meßstelle:
A
○ erster Wert
x Nachversuchswert

5

4

3

2

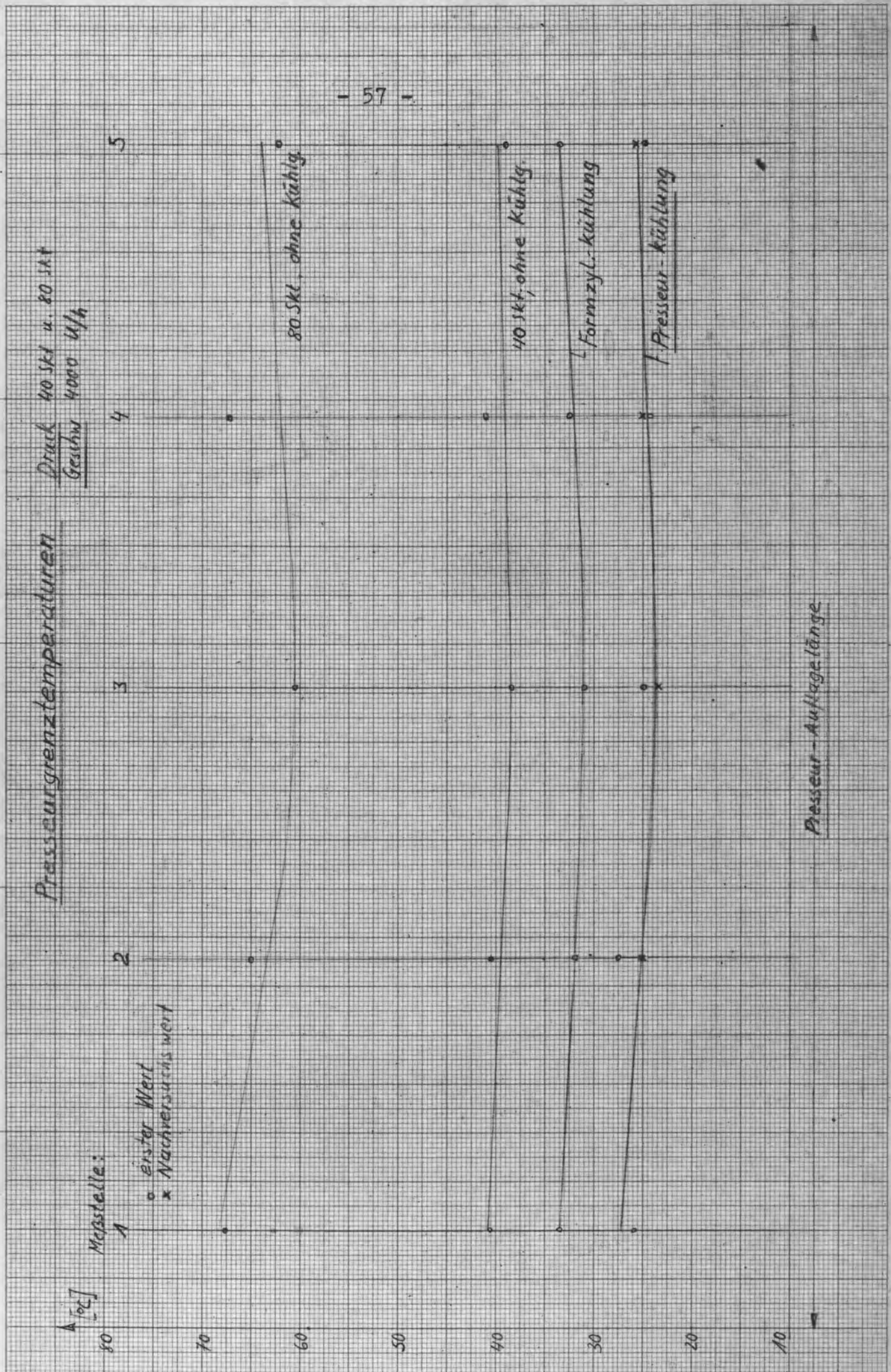
80 Stk, ohne Kühlung

40 Stk, ohne Kühlung

Formzyl.-kühlung

Pressur-kühlung

Pressur-Auflagelänge



Pressurgrenztemperaturen

Druck: 40 u. 80 Stk
Geschw.: 4000 U/h

Meßstelle:
6

10

9

8

7

6

?

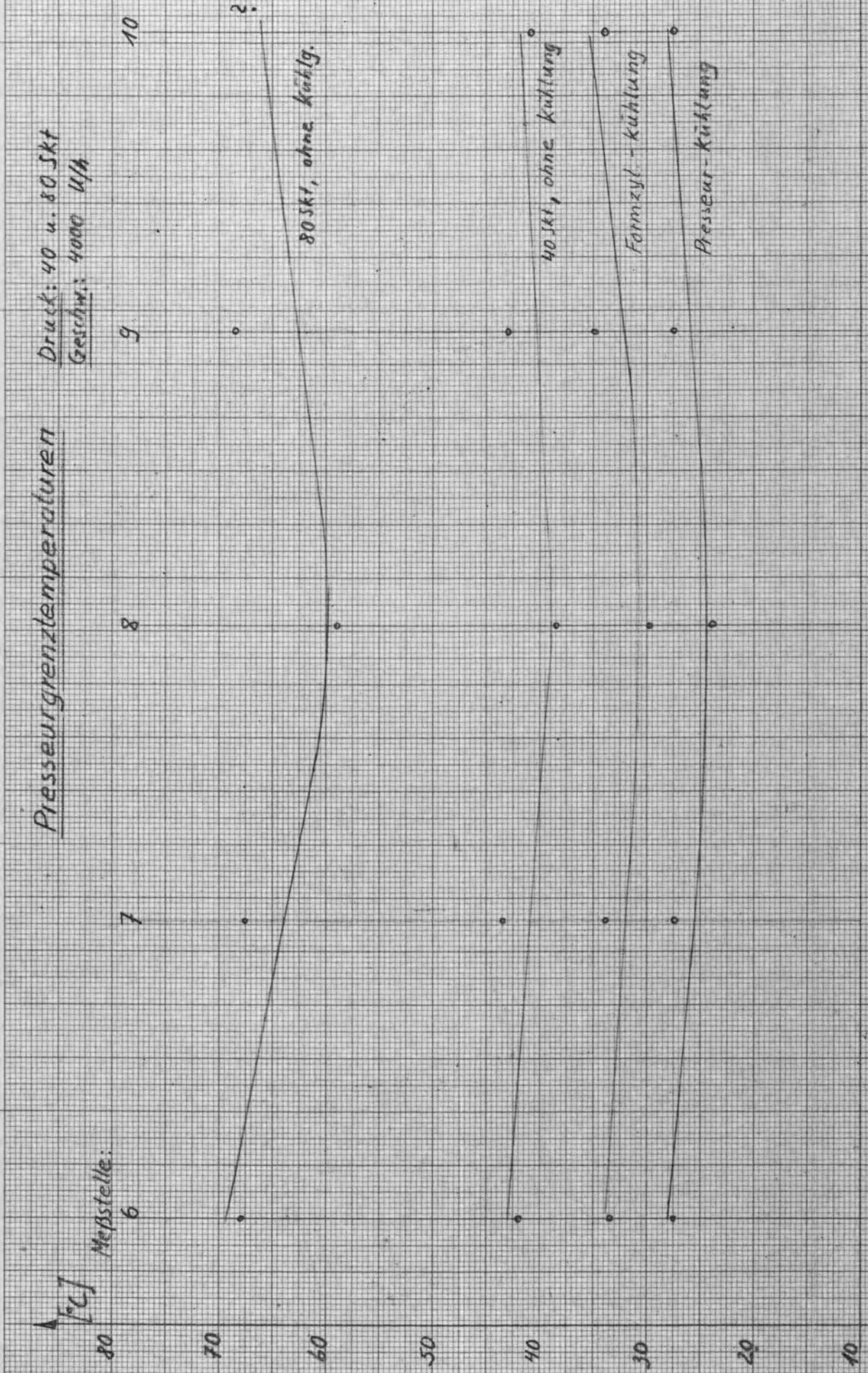
80 Stk, ohne Kühlung

40 Stk, ohne Kühlung

Formzyl - Kühlung

Pressur-Kühlung

Pressuraufgabelänge



Das entspricht auch der Lastverteilung über die Zylinderlänge insofern als bei kleiner Druckanstellung die Lastverteilung sich der Rechteckslast nähert, während bei großer Druckanstellung mehr eine parabolische Verteilung entsprechend den Durchbiegungsverhältnissen vorliegen dürfte.

Die Hysteresis hängt quadratisch von der Wechselkraft ab. Die Temperaturverteilung ist somit auch ein Maß für die Lastverteilung jedoch mit der Einschränkung, daß die Verhältnisse durch den Wärmefluß sehr verwischt werden können.

Versuchsreihe 4, 5, 5a, 6.

Die Ergebnisse der Versuchsreihe 4, 5, 5a und 6 ähneln denen der eben beschriebenen Versuche weitgehend. Versuch 6 mußte vorzeitig abgebrochen werden, da der Zylinder über der Meßstelle 1; 6 eine blasige Stelle bekam und eine weitere Zerstörung befürchtet werden mußte. Der Temperaturverlauf ist bis zum Zeitpunkt der Unterbrechung aufgezeichnet.

Besonders zu beachten sind die auffällig größeren Temperaturdifferenzen zwischen den Beharrungstemperaturen der ersten und zweiten Messung bzw. zwischen dem maximalen und dem Beharrungstemperaturwert.

Die Unterschiede betragen zwischen 20% und 30%. Dagegen weichen die Absolutwerte der Beharrungstemperaturen bei Presseurinnenkühlung für 4 000 und 10 000 U/h unter sonst gleichen Betriebsbedingungen um etwa 1,5% voneinander ab. Der Grund hierfür dürfte hauptsächlich in dem großen Kühlwasserdurchsatz von 18 l/min zu suchen sein.

Versuchsreihe 7, 8, 8a.

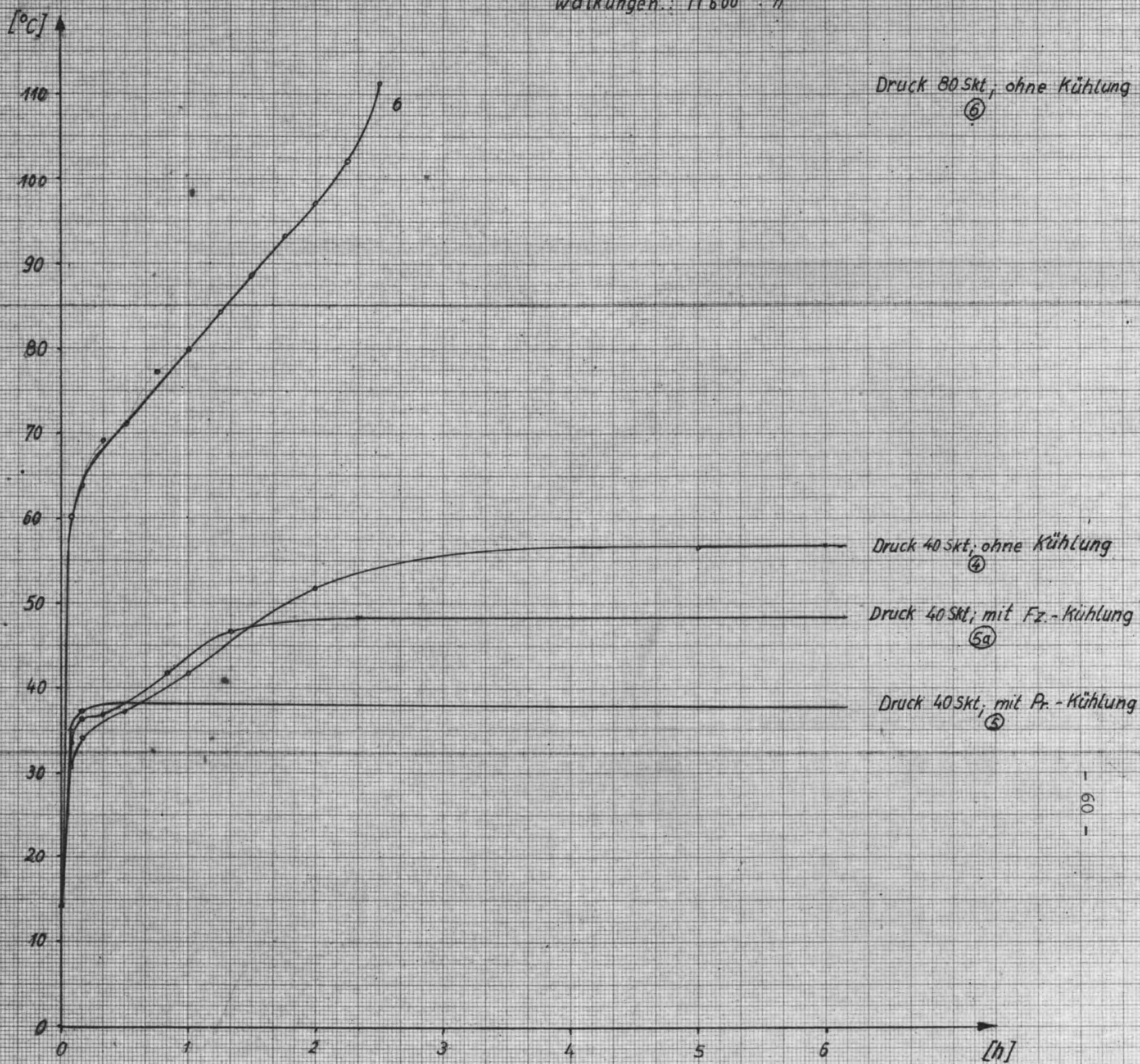
Für diese Versuchsreihe wurden keine Nachversuche durchgeführt, da die genauen Beharrungstemperaturen für den Lauf mit Presseurinnenkühlung auf folgende Weise ermittelt wurden.

Um den Einfluß der Presseurinnenkühlung deutlich zu demonstrieren, wurde nach Erreichen der Beharrungstemperatur (Versuch 7) plötzlich die Presseurkühlung in Betrieb gesetzt. Innerhalb

Presseurtemperaturen (als Fkt. d. Zeit)

Element 1

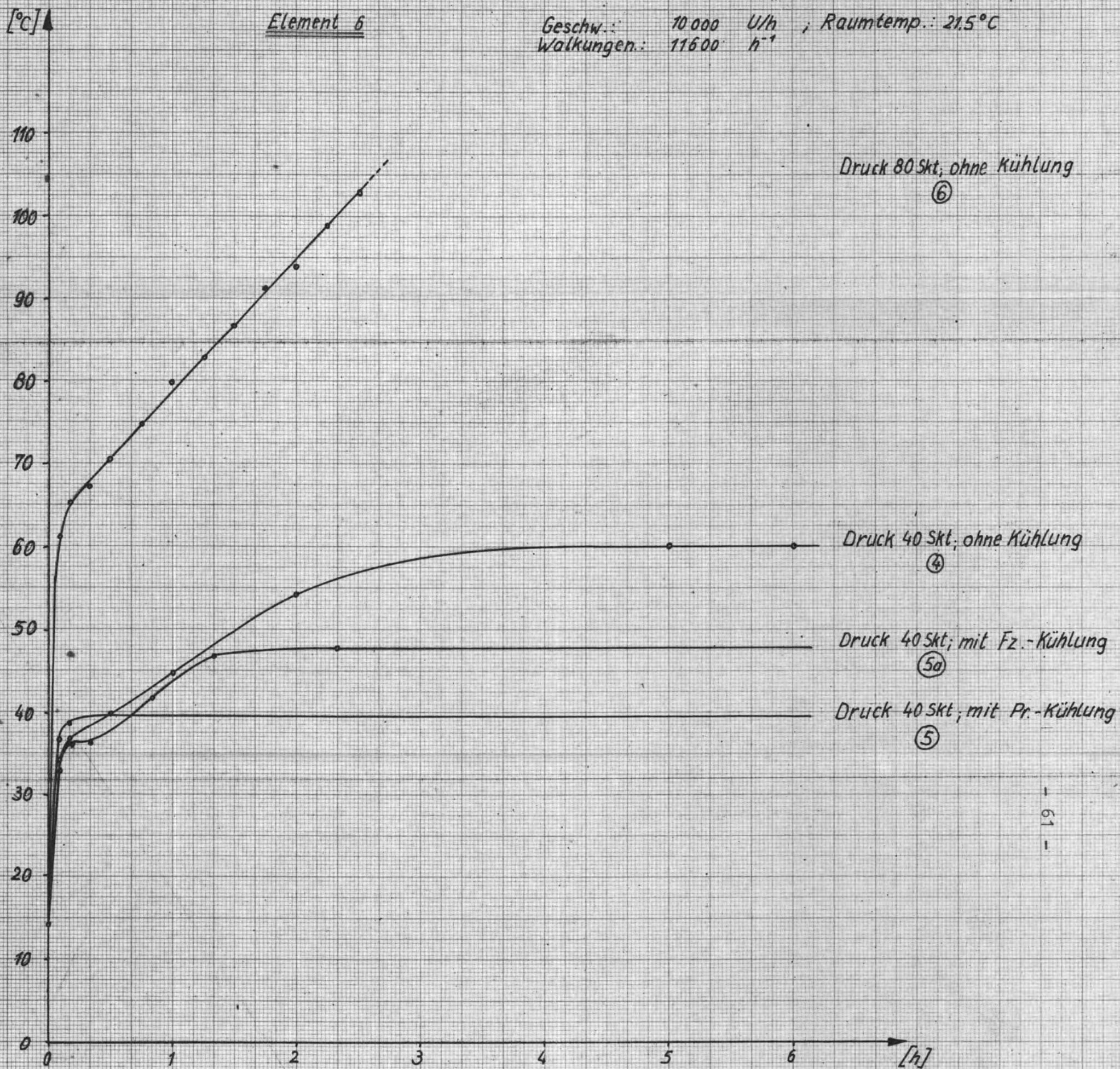
Geschw.: 10 000 U/h ; Raumtemp.: 21,5 °C
Walkungen.: 11 600 h⁻¹



Pressurtemperaturen (als Fkt. d. Zeit)

Element 6

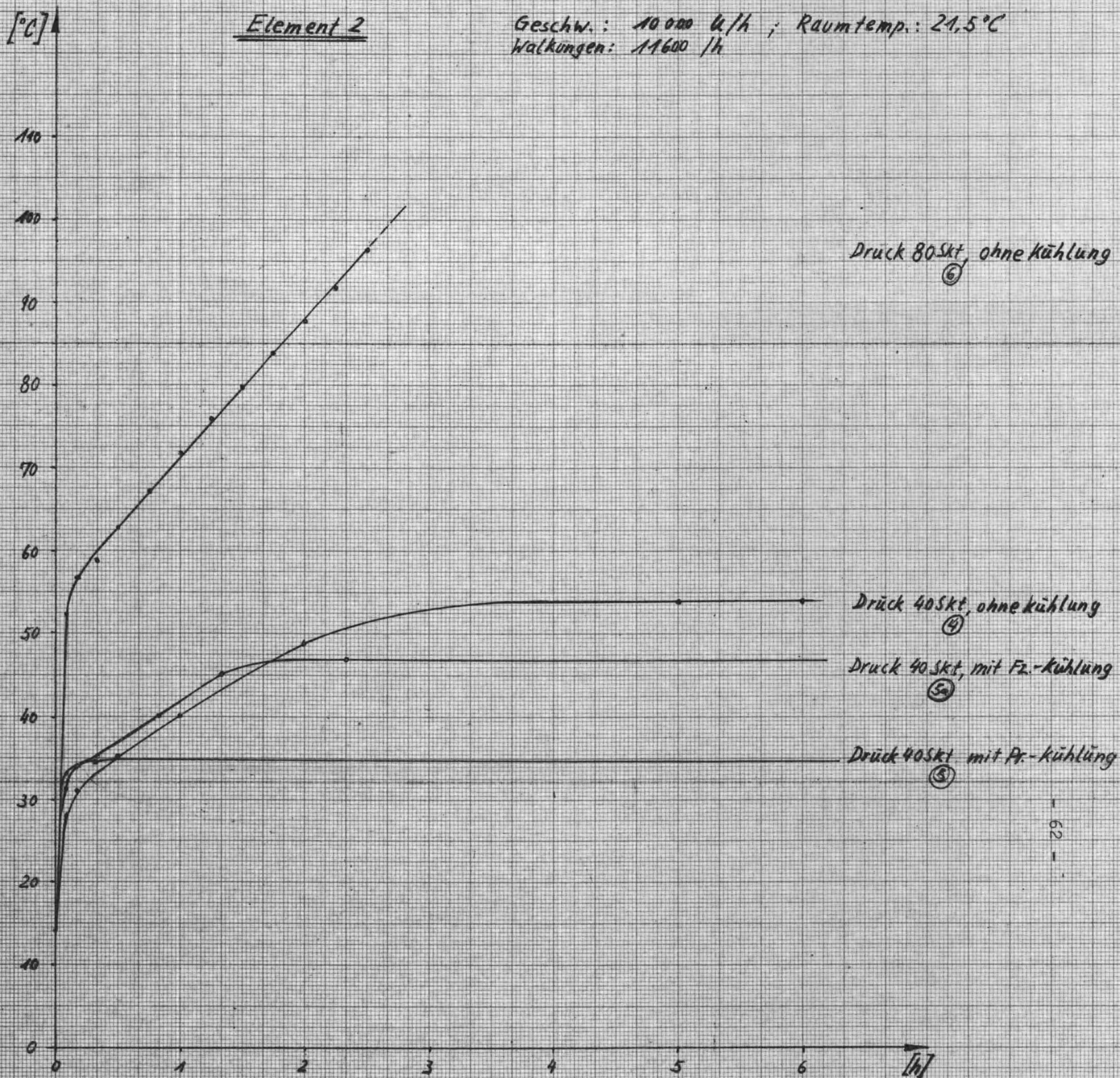
Geschw.: 10 000 U/h ; Raumtemp.: 21.5°C
 Walkungen: 11600 h⁻¹



Presseurtemperaturen (als Fkt. d. Zeit)

Element 2

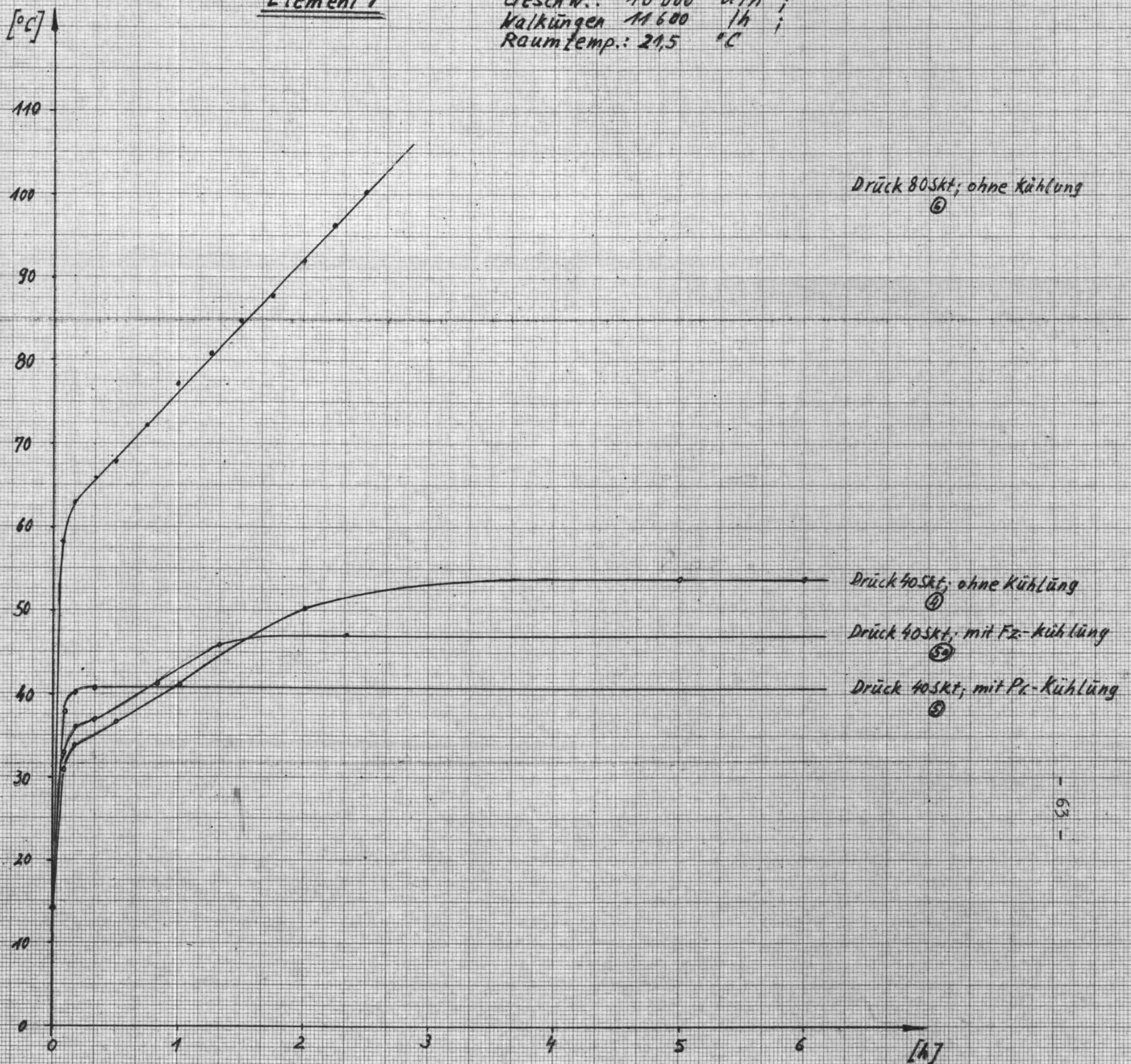
Geschw.: 10 000 U/h ; Raumtemp.: 21,5°C
Walkungen: 11600 /h



Presseurtemperaturen (als Fkt. d. Zeit) e./.

Element 7

Geschw.: 10 000 U/h ;
Kalküngen 11 600 1/h ;
Raumtemp.: 21,5 °C

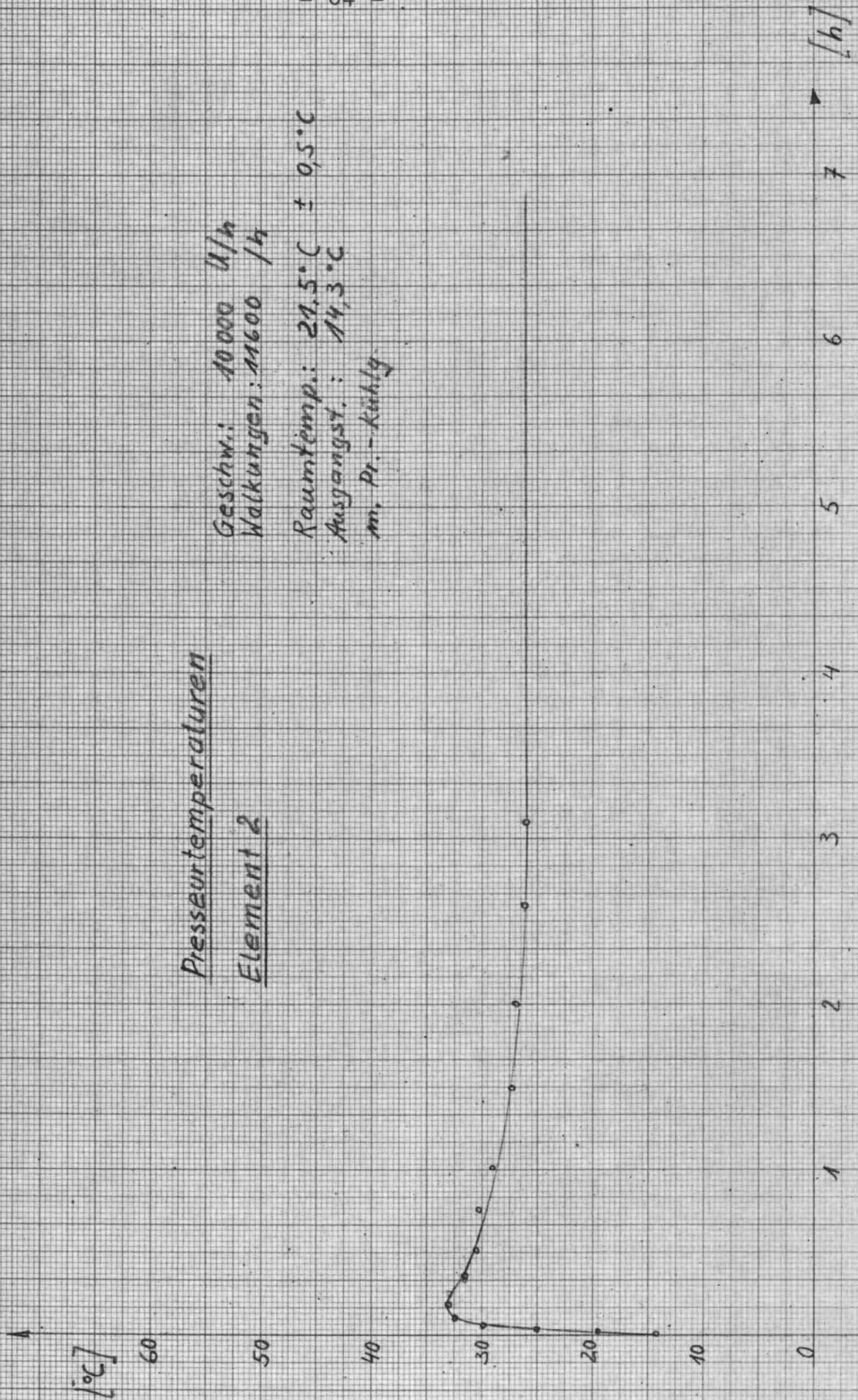


Presseurtemperaturen

Element 2

Geschw.: 10000 U/h
Walkungen: 11600 /h

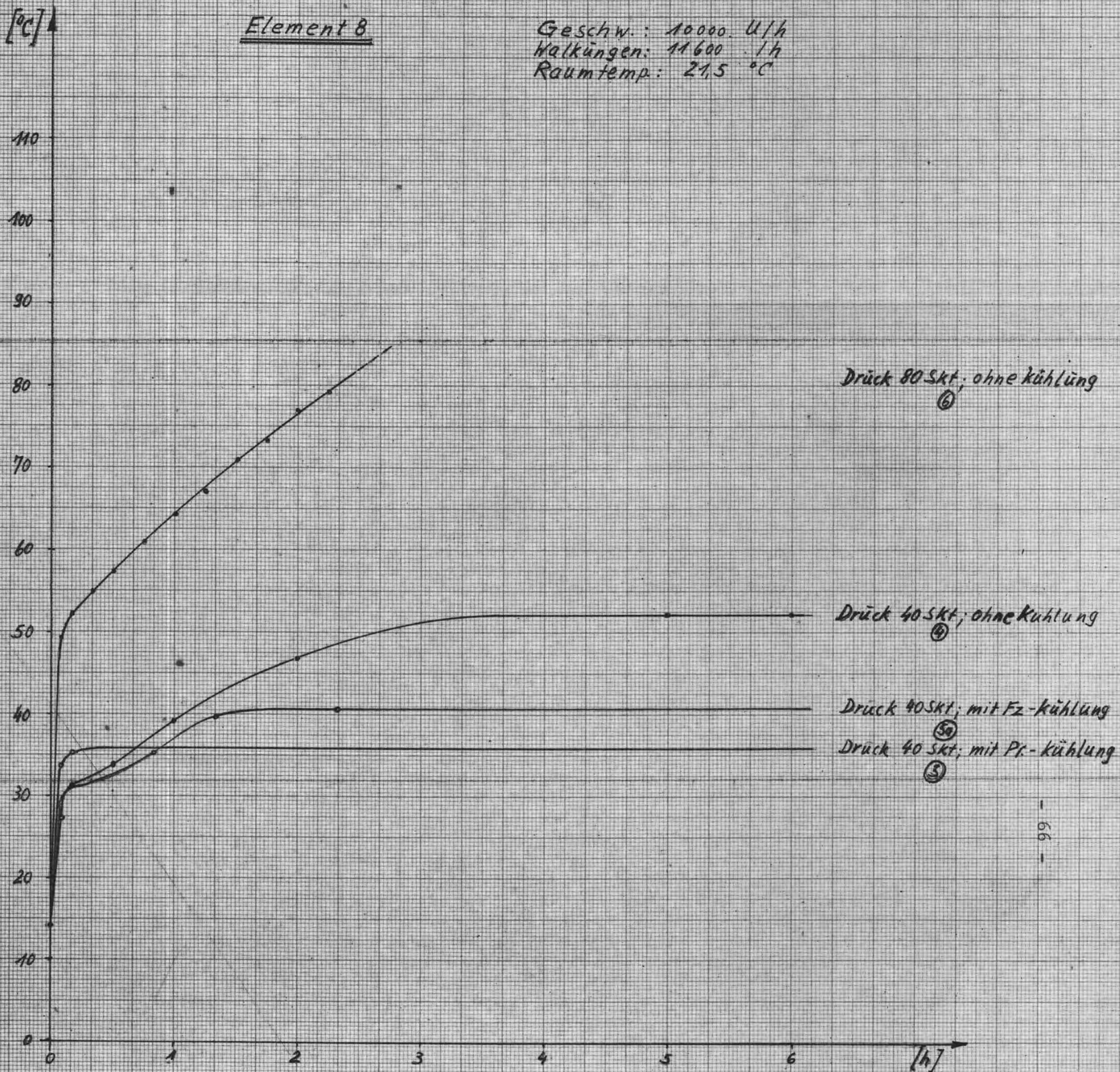
Raumtemp.: $21.5^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$
Ausgangst.: 14.3°C
m. Pr. - kühl



Pressurtemperaturen (als Fkt. d. Zeit) (ct. 8)

Element 8

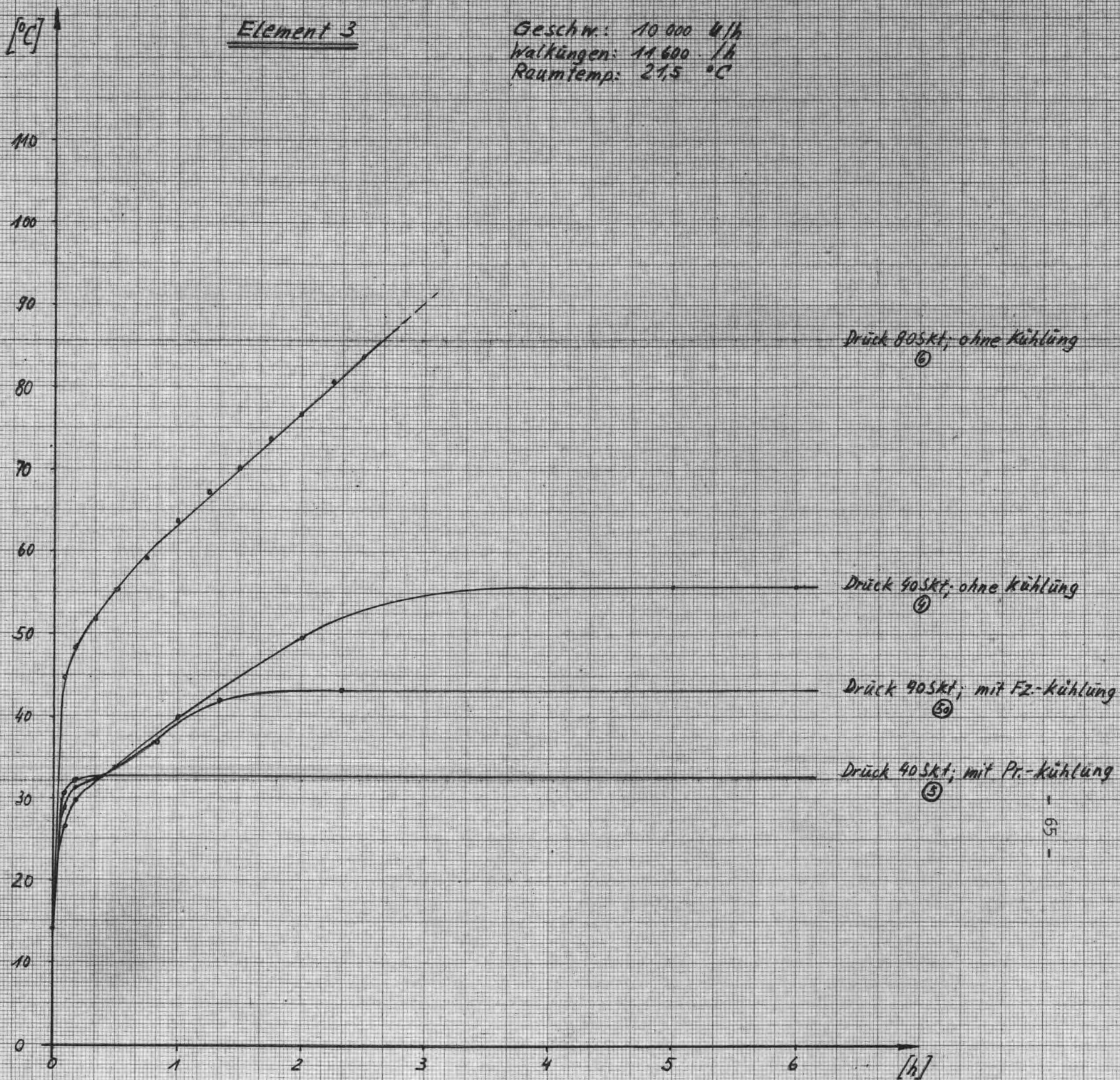
Geschw.: 10000 U/h
 Walkungen: 11600 1/h
 Raumtemp: 21,5 °C



Presseur temperaturen (als Fkt. d. Zeit)

Element 3

Geschw.: 10 000 U/h
Walzungen: 14 600 /h
Raumtemp: 21,5 °C

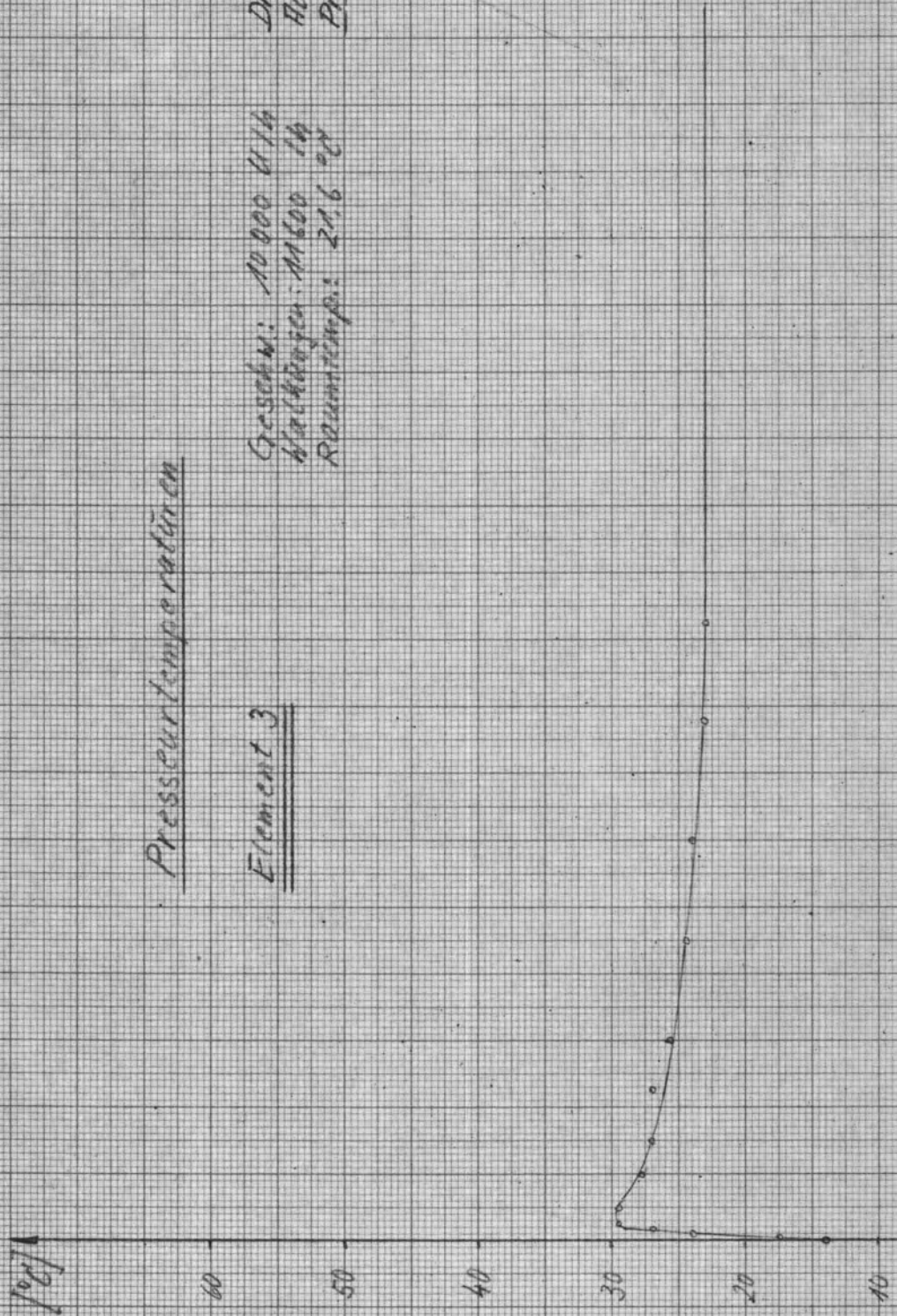


Pressurtemperaturen

Element 3

Geschw: 10000 U/min
Halbkugeln: M600 16
Raumtemp: 21.6 °C

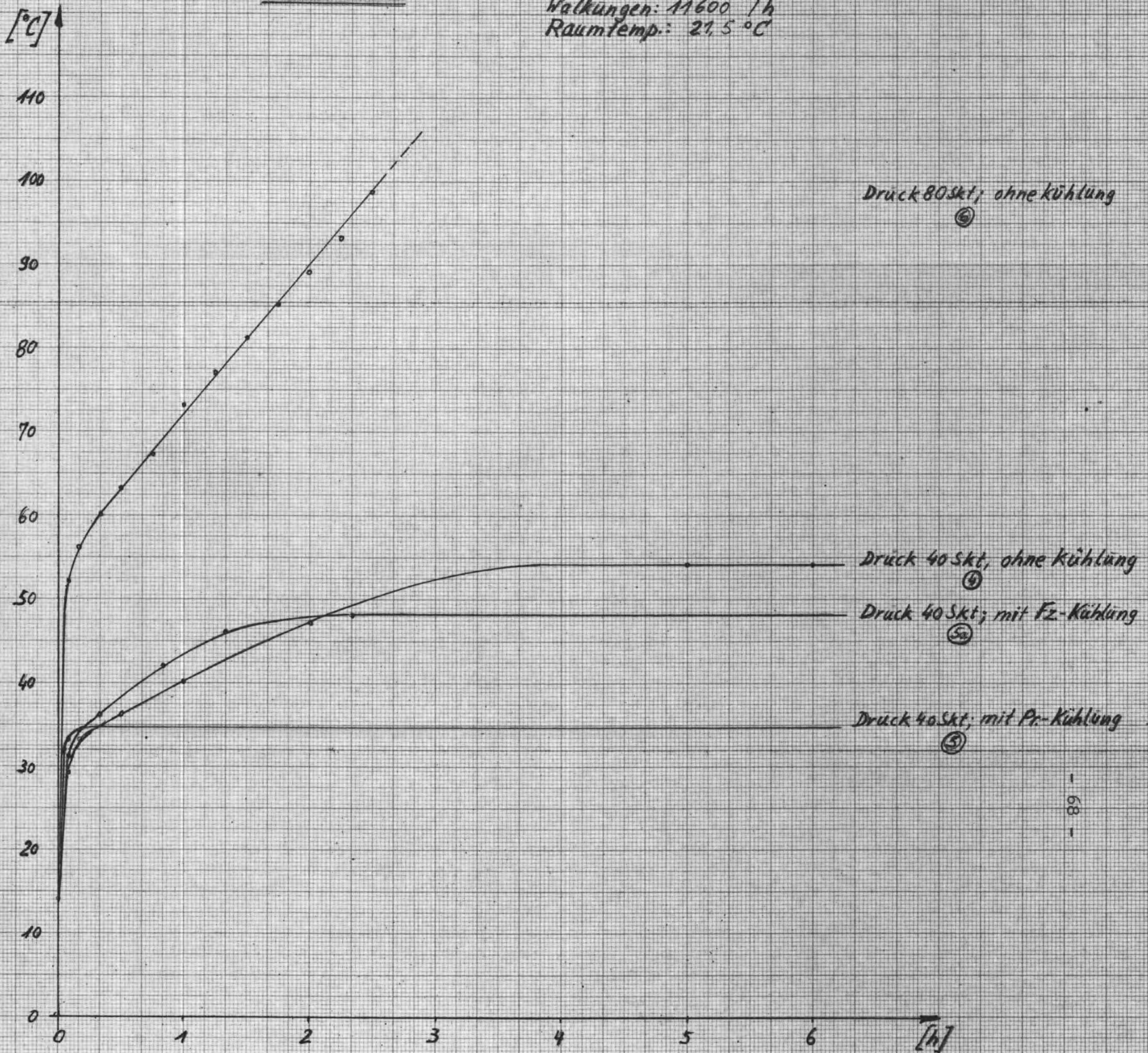
Druck 40 bar
Ausgangstemp: 114.9 °C
Pc-Kühlung



Presseurtemperaturen (als Fkt. d. Zeit)

Element 4

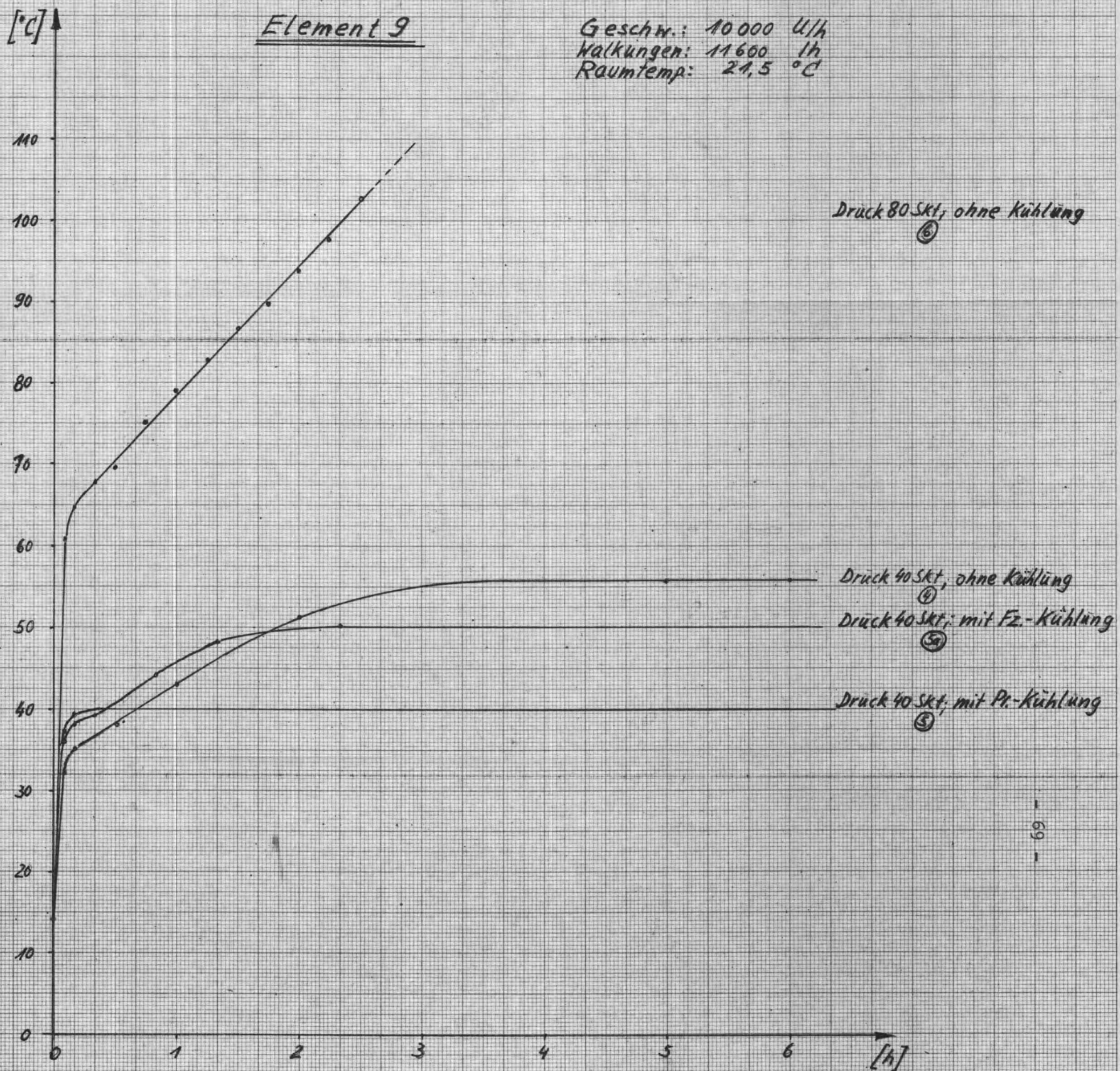
Geschw.: 10 000 U/h
Walkungen: 11600 /h
Raumtemp.: 21,5 °C



Presseurtemperaturen (als Fkt. d. Zeit)

Element 9

Geschw.: 10 000 U/h
Walkungen: 11 600 lh
Raumtemp: 21,5 °C



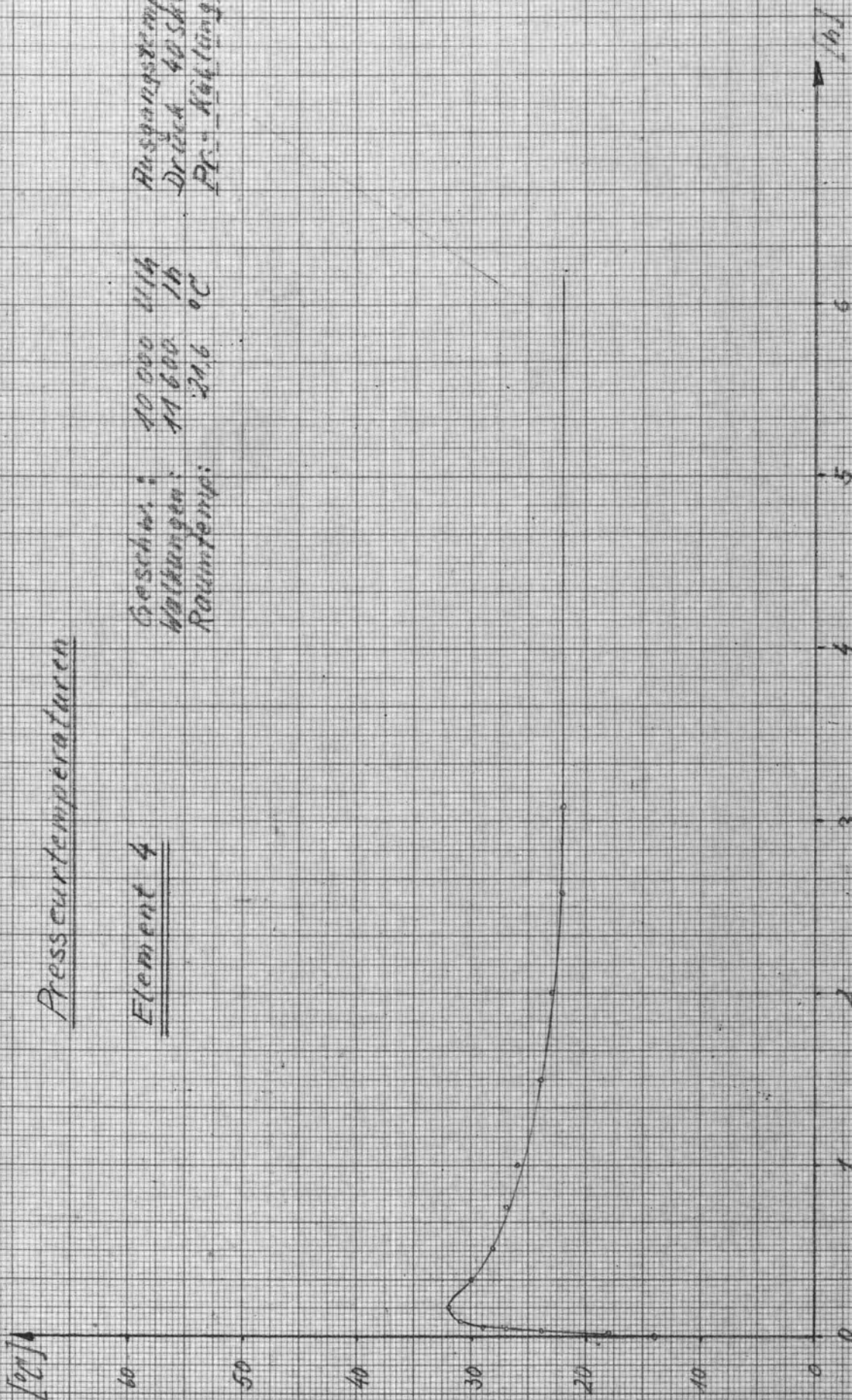
Pressurtemperaturen

Element 4

Geschw.: 10000 U/h
Werkstoffe: 1h
Raumtemp: 21,6 °C

Ausgangstemp.: 14,1 °C
Druck: 40 MPa
Pr.: Kühlung

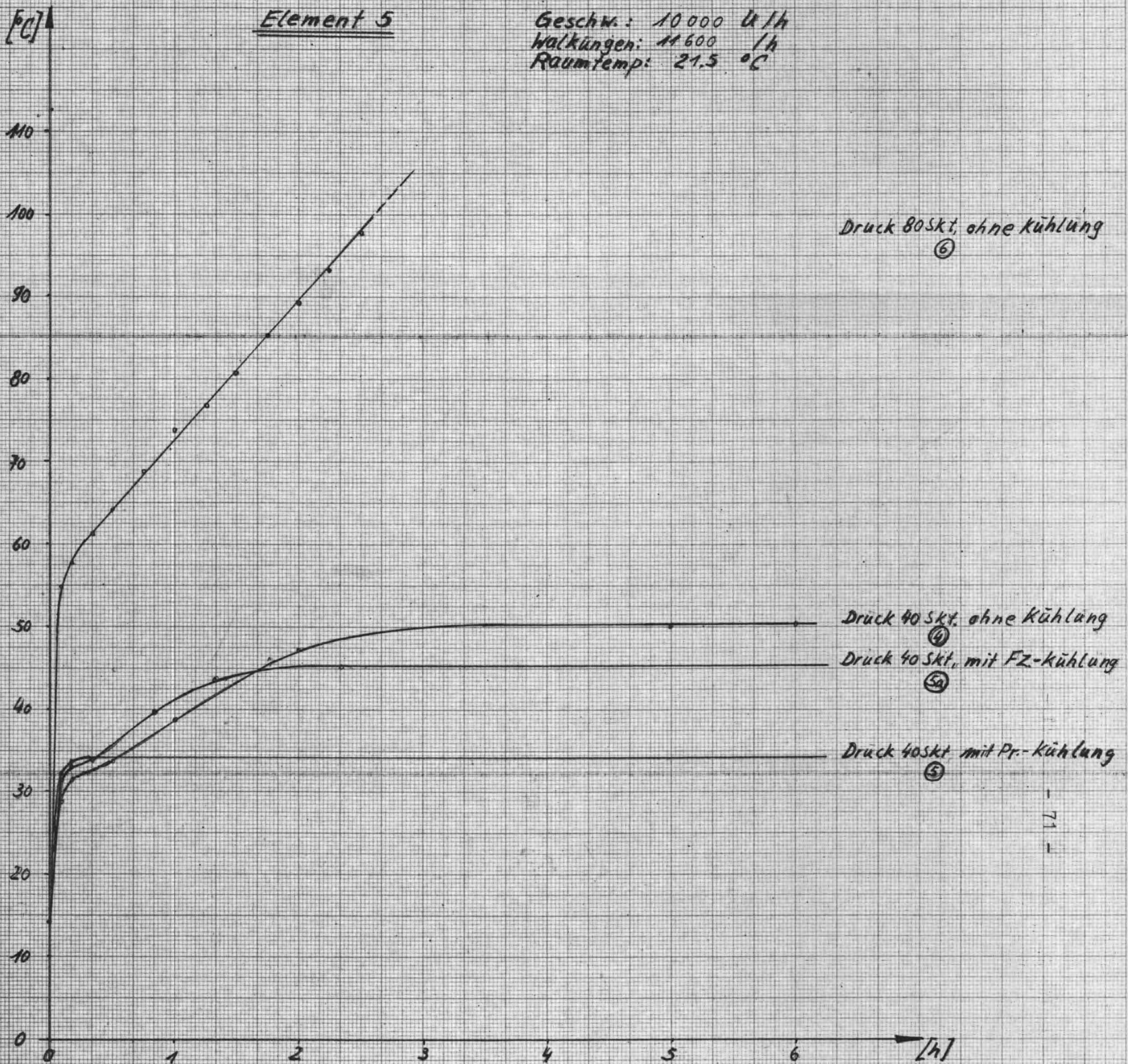
- 70 -



Presseurtemperaturen (als Fkt. d. Zeit)

Element 5

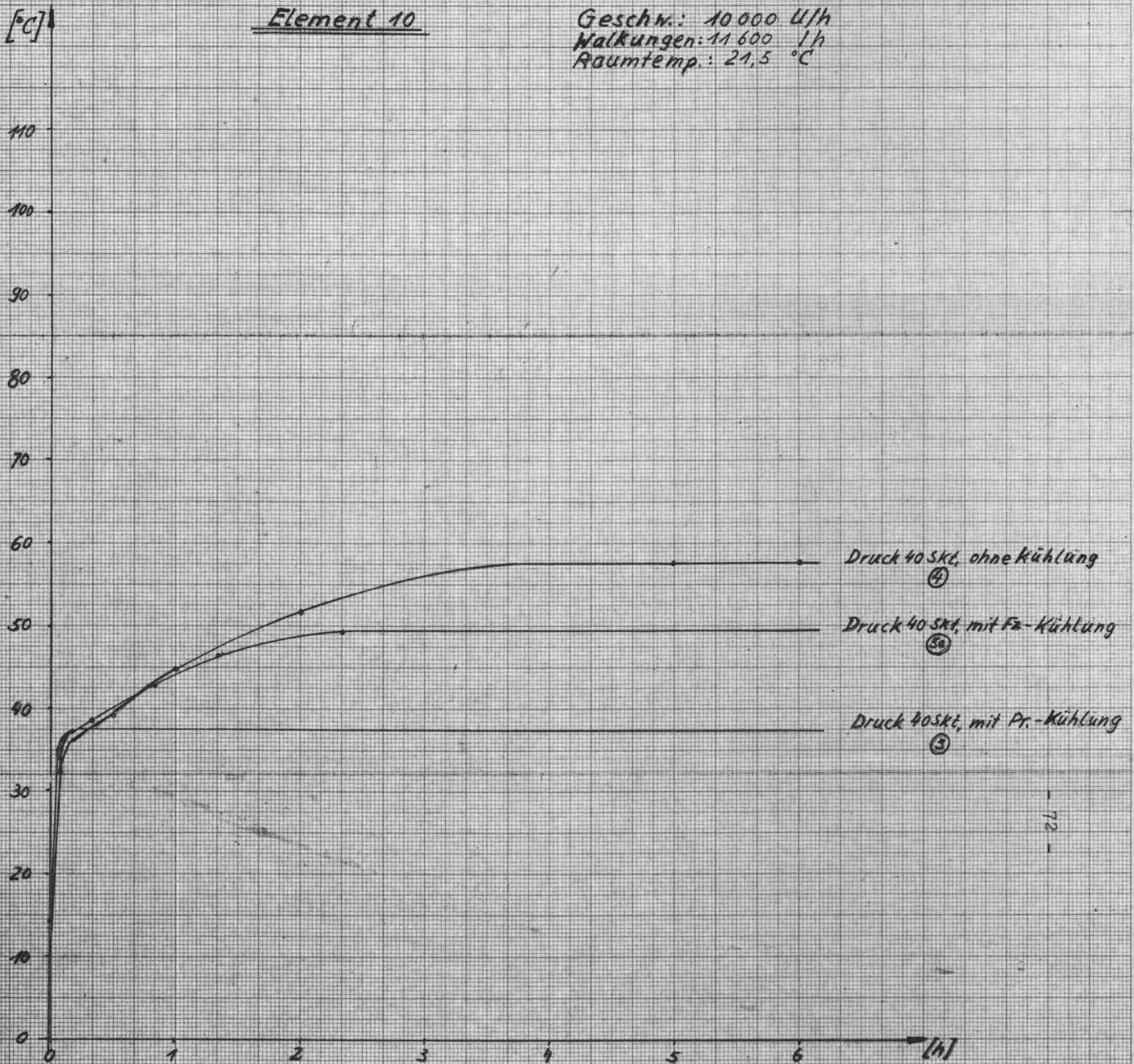
Geschw.: 10 000 U/h
Walkungen: 11 600 /h
Raumtemp: 21.5 °C



Presseurtemperaturen (als Fkt. d. Zeit)

Element 10

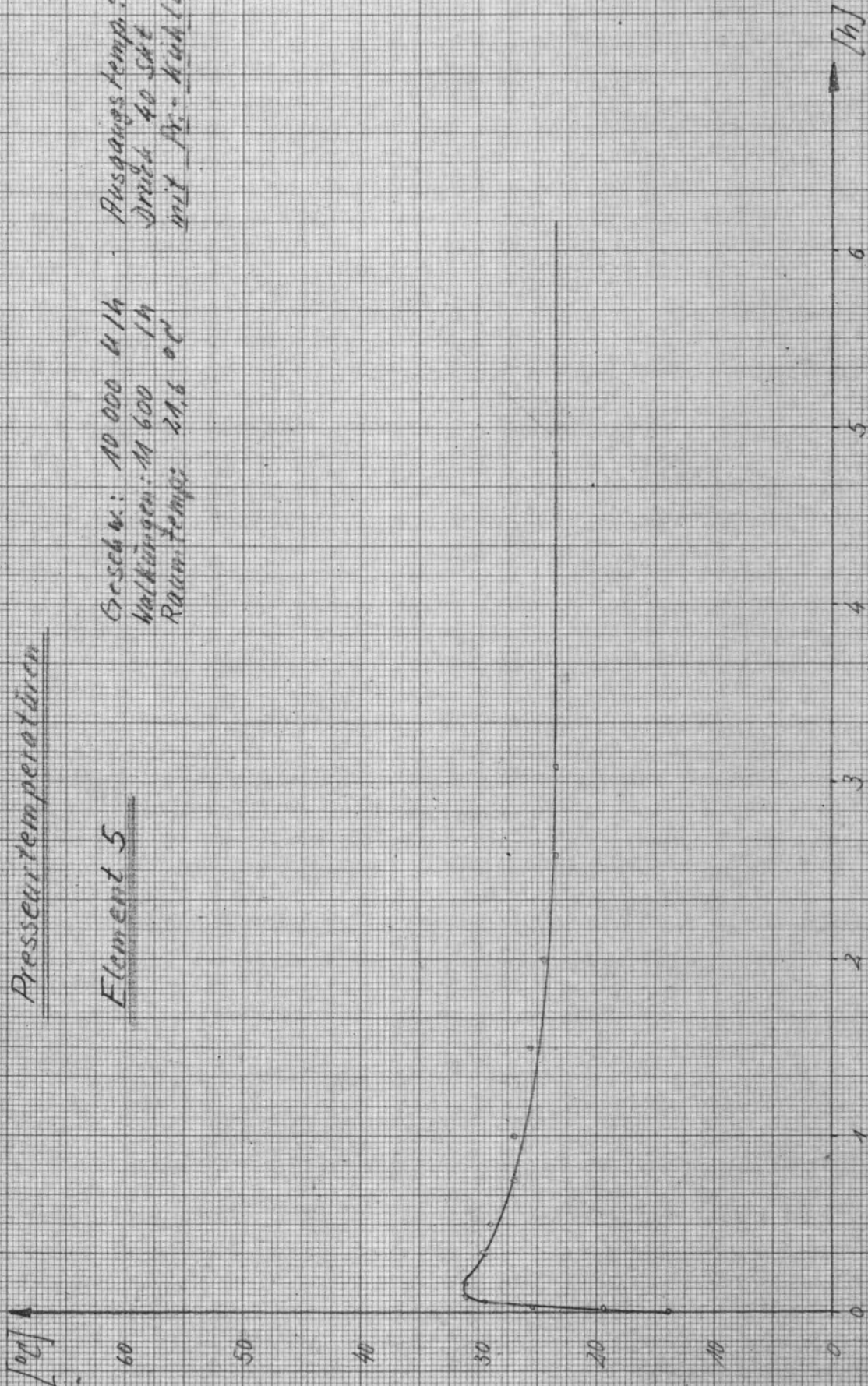
Geschw.: 10 000 U/h
Walkungen: 11 600 1/h
Raumtemp.: 21,5 °C



Presseurtemperaturen

Element 5

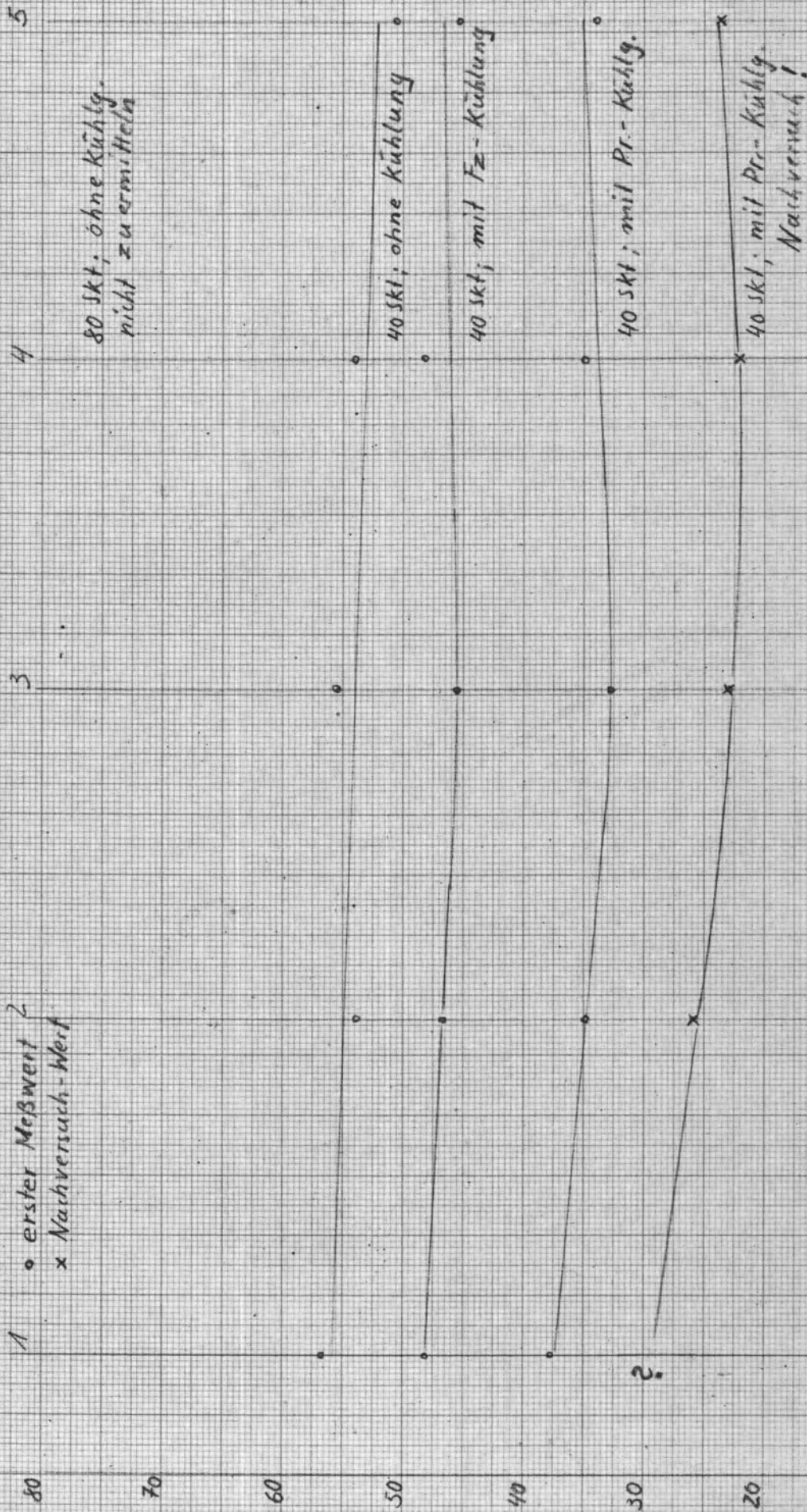
Geschw.: 10 000 U/h
 Vakkingen: M 600 1/h
 Raumtemp: 24,6 °C
 Ausgangstemp: 14,1 °C
 Druck 40 Sat
 mit Ac-Kühlung



Pressurgrenztemperaturen

Druck: 40 u. 80 SKt.
Geschw.: 10000 U/h

Meßstelle:
1. erster Meßwert
x Nachversuch-Wert



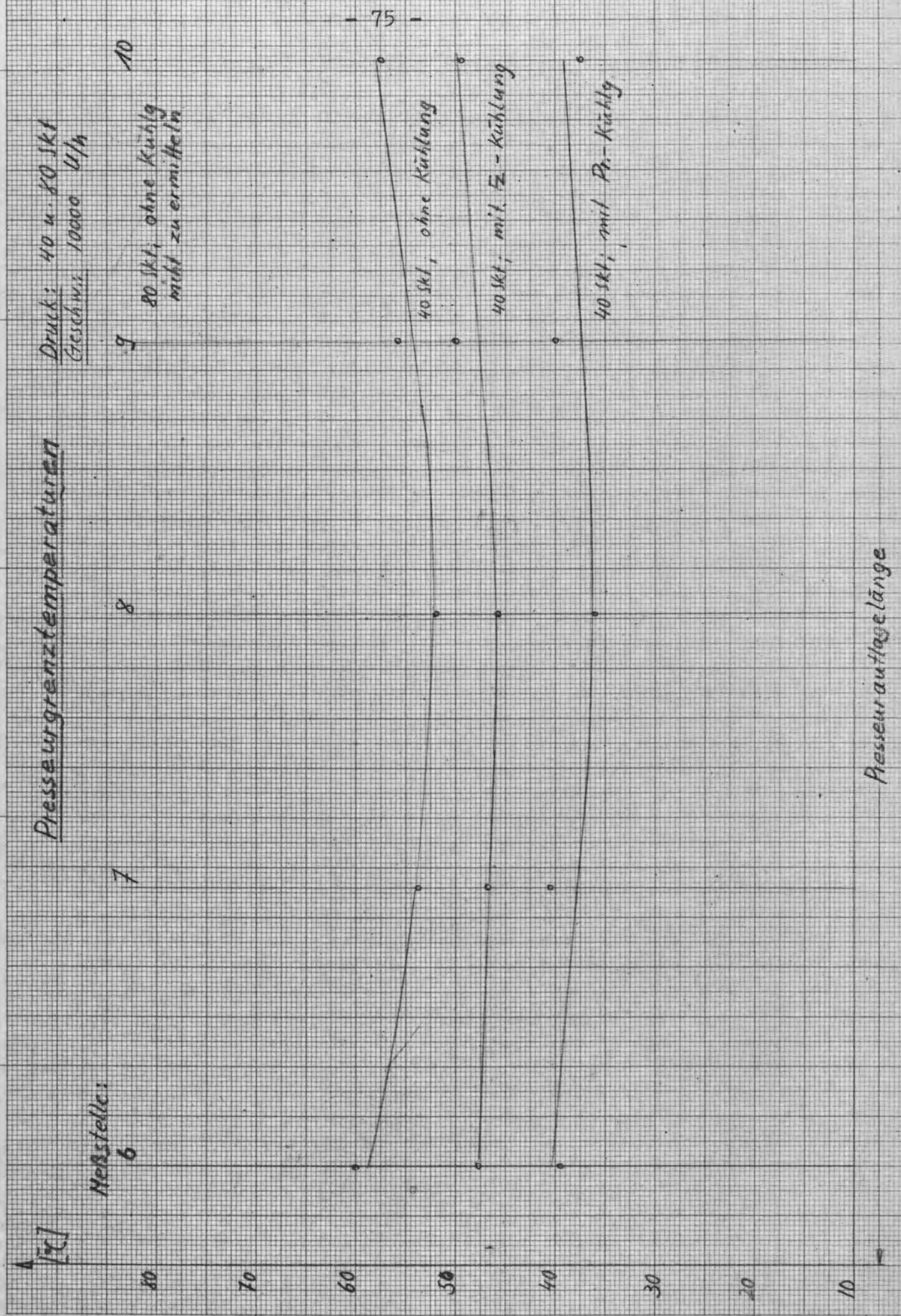
Pressuraufstelllänge

Pressurgrenztemperaturen

Druck: 40 u. 80 Stk
Geschw. 10000 U/h

Herstelle:
6

9 10
80 Stk, ohne Kühlung
nicht zu ermitteln



Pressuranlagelänge

kürzester Zeit (etwa 5 Minuten) sank die Temperatur in der Hartgummischicht um 30°C und erreichte nach 20 Minuten Laufzeit die Beharrungstemperatur.

Die Unterschiede zwischen den zuerst gemessenen Grenztemperaturen (Versuch 8) und der durch die Abkühlung hervorgerufenen (Versuch 7) betragen 25% bis 33%.

Ihre Absolutwerte liegen jedoch um etwa 15% über den Temperaturwerten des bis auf die Laufgeschwindigkeit unter sonst gleichen Bedingungen durchgeführten Versuches.

Es ist zu bemerken, daß bei Versuch 7 die Stützkraftzunahme infolge wachsender Presseurtemperatur gemessen wurde. Unter dem Einfluß der Wärmedehnung, die sowohl die Metallteile wie den Gummibelag erfaßt, kommt es zu einer erheblichen Druckzunahme (in unserem Fall 62%).

Der Stützkräfteverlauf (kp) sowie der Druckkraftverlauf (kp/cm) ist als Funktion der mittleren Presseurtemperatur aufgetragen.

Presseurtemperaturen (als Fkt. d. Zeit, etc.)

Element 1

Geschw.: 17000 U/h; Raumtemp.: 24,5°C
Wahlungen: 19700 1/h

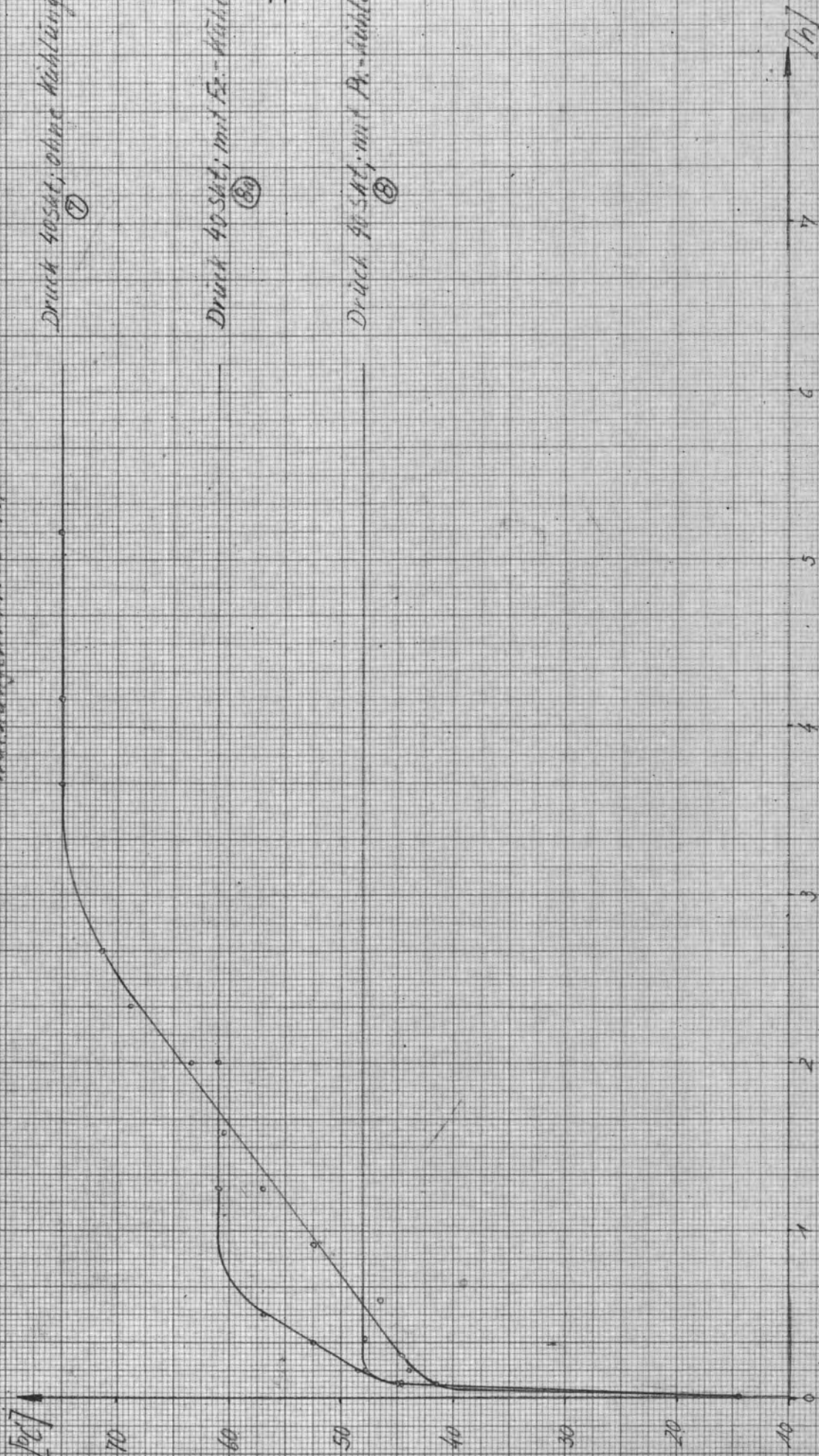
[°C]

Druck 40 Sat; ohne Kühlung
①

Druck 40 Sat; mit Fe-Kühlung
②

Druck 40 Sat; mit Pa-Kühlung
③

- 77 -





Presseurtemperaturen (als Fkt. d. Zeit, etc.)

Element 6

Geschw.: 17000 u/h;
Werkstoffe: 19700 1h

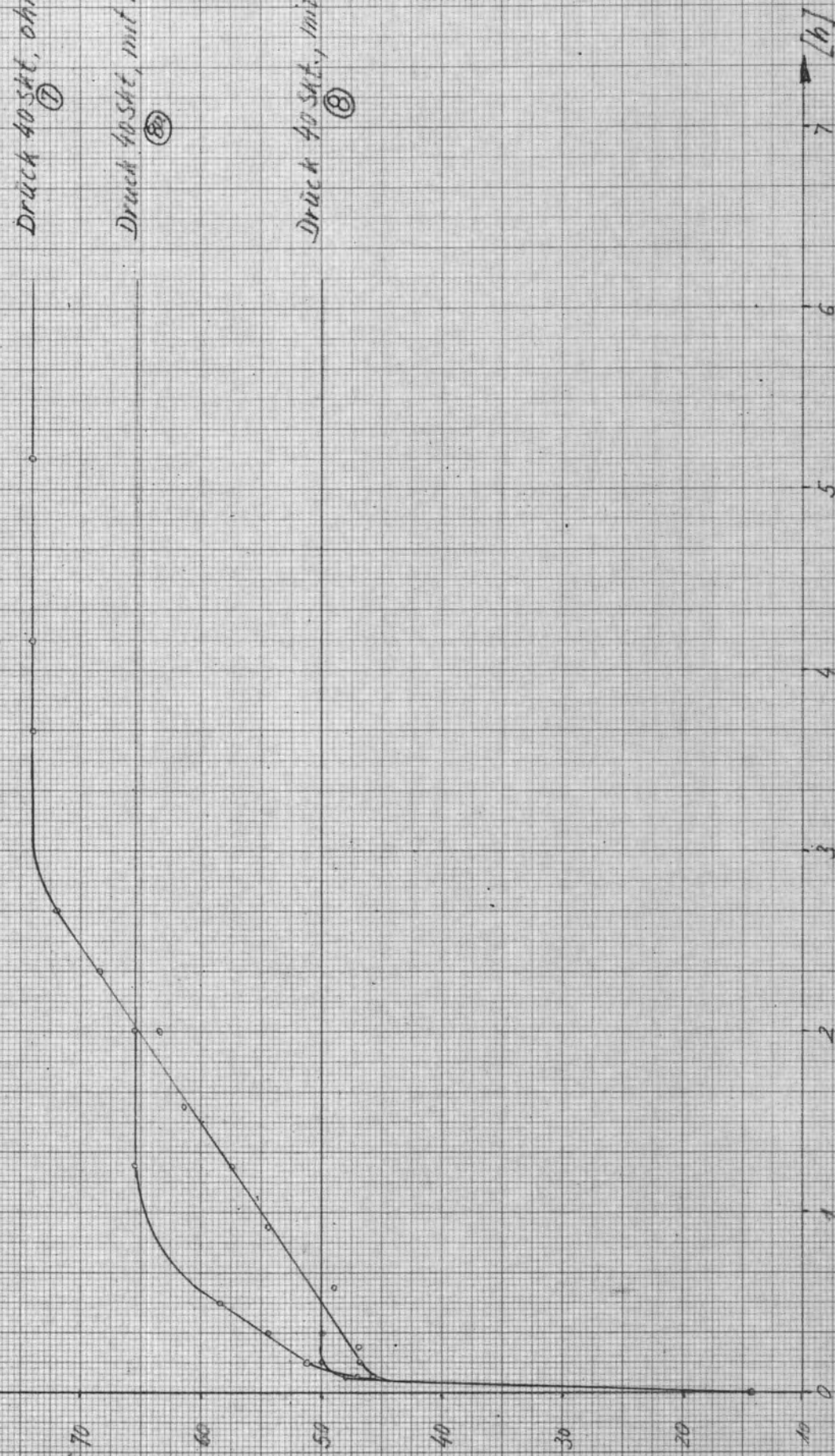
[°C]

Druck 40 sat, ohne Kühlung ⑦

Druck 40 sat, mit Fz-Kühlung ⑧

Druck 40 sat, mit Pr-Kühlung ⑧

- 78 -



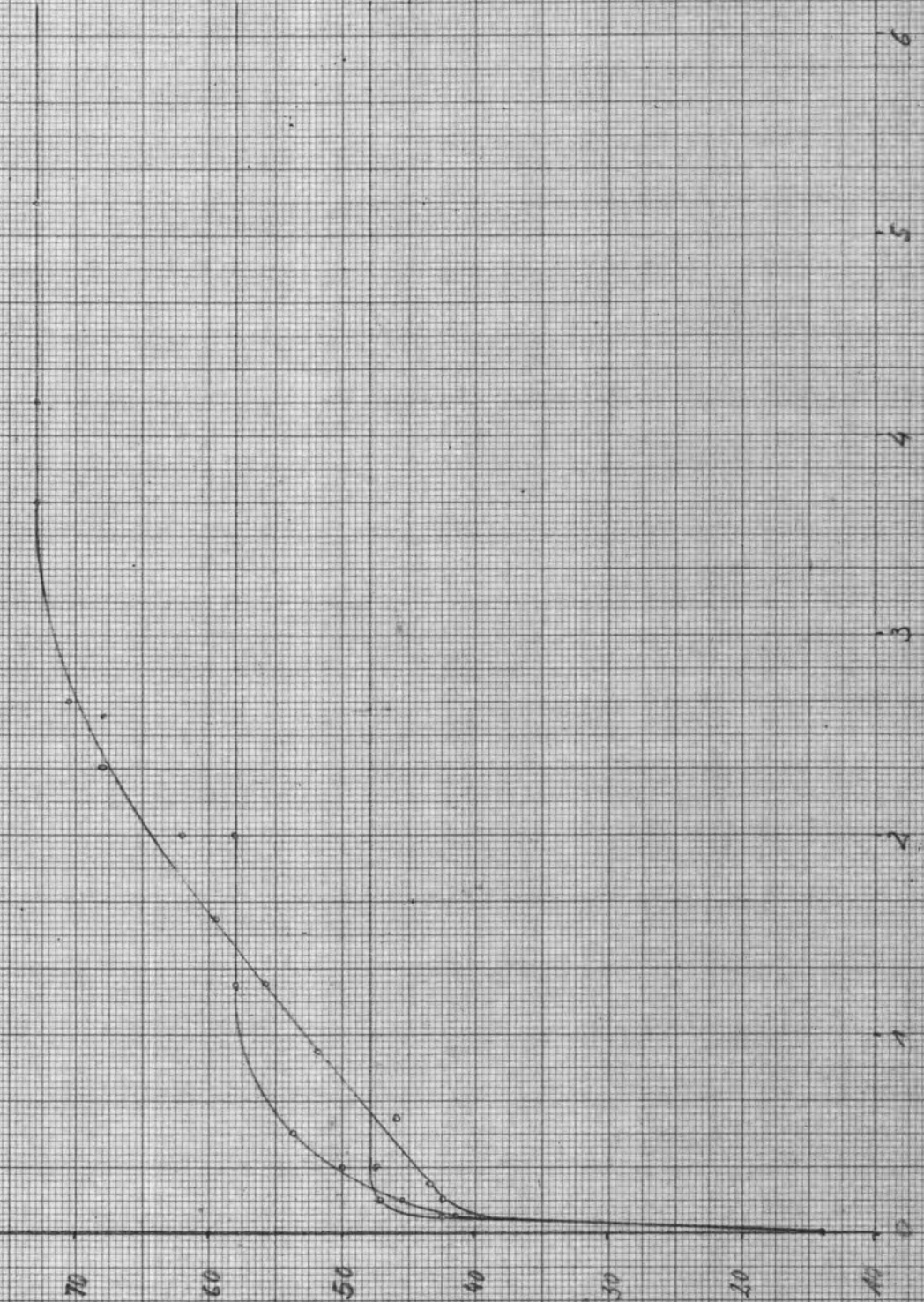
[h]

Pressentemperaturen (als Fkt d. Zeit etc.)

Element 2

Geschw.: 17000 U/h; Raumtemp.: 24,5°C
Waltungen: 19700 1h

[°C]



Drück 40 sat. ohne Kühlung
①

-79-

Drück 40 sat. mit F2-Kühlung
②

Drück 40 sat. mit F2-Kühlung
③

[h]

Pressurtemperaturen (als Fkt. d. Zeit, etc.)

Element 1

Geschw.: 17000 u/h, Wählungen: 19700 h, Raumtemp.: 24.5°C

Druck 40.5kt, ohne Kühlung
①

Druck 40.5kt, mit Fz.-Kühlung
②

Druck 40.5kt, mit Fz.-Kühlung
③

[°C]

70

60

50

40

30

20

10

0

1

2

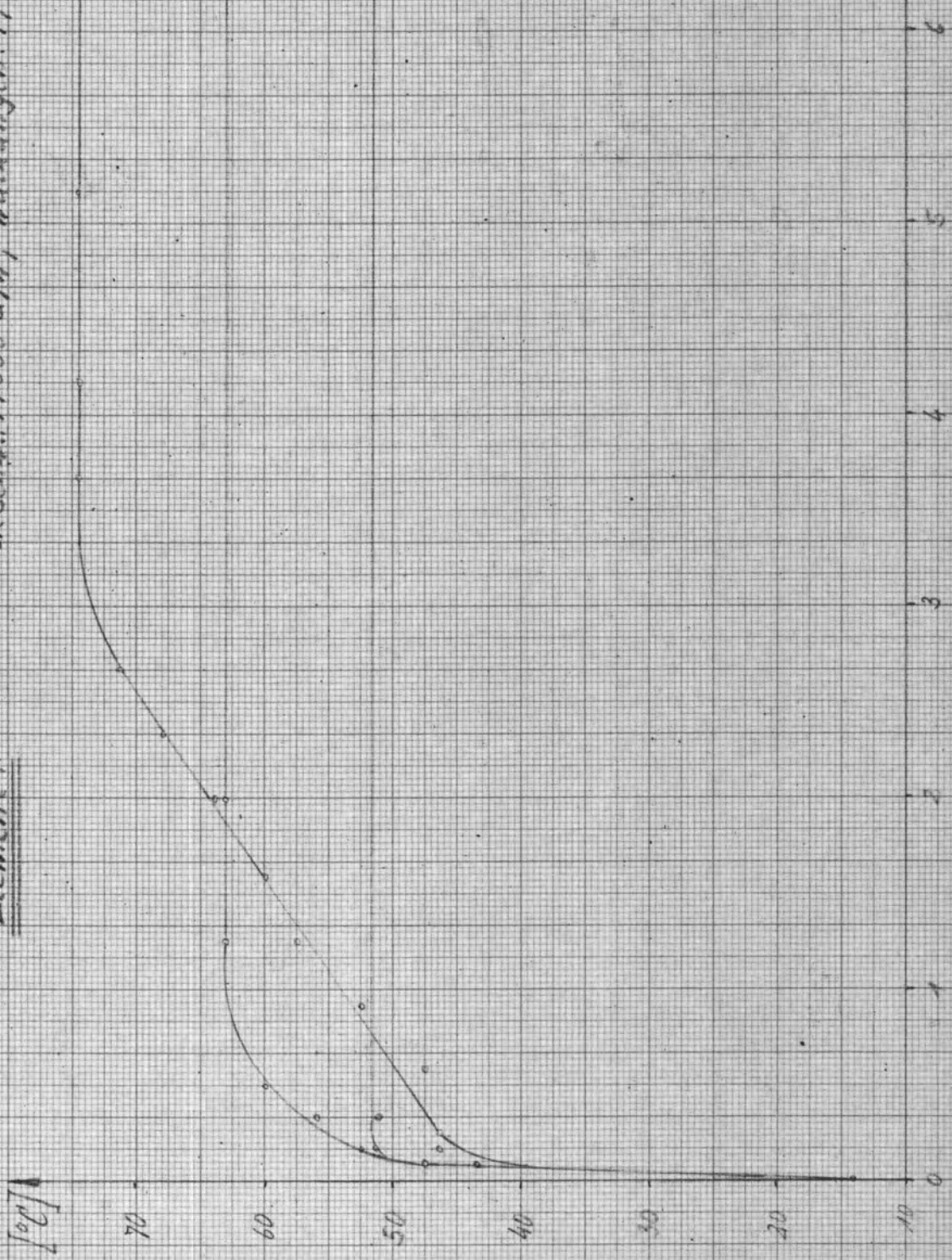
3

4

5

6

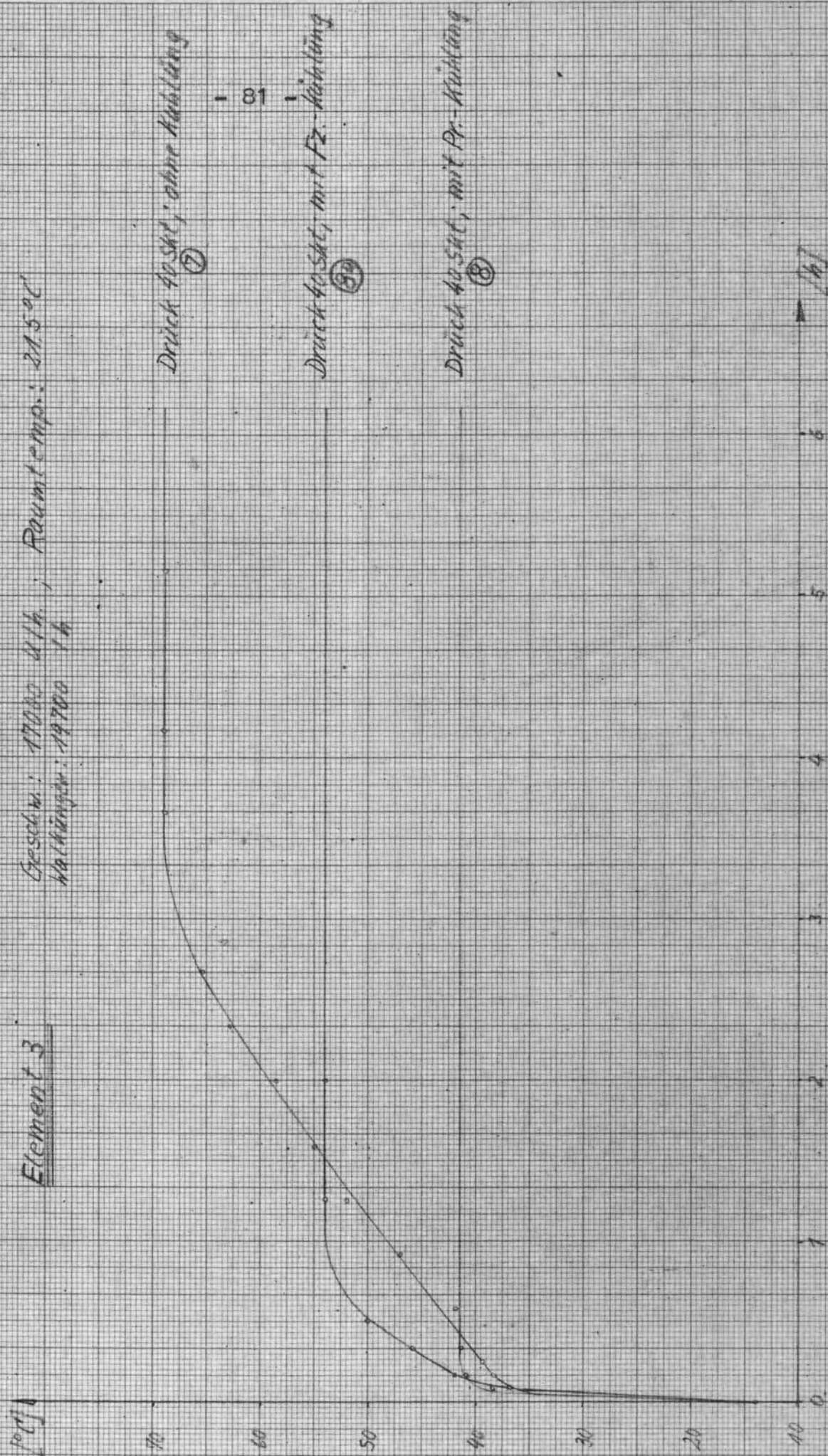
h



Presseurtemperaturen (als Fkt. d. Zeit etc.)

Element 3

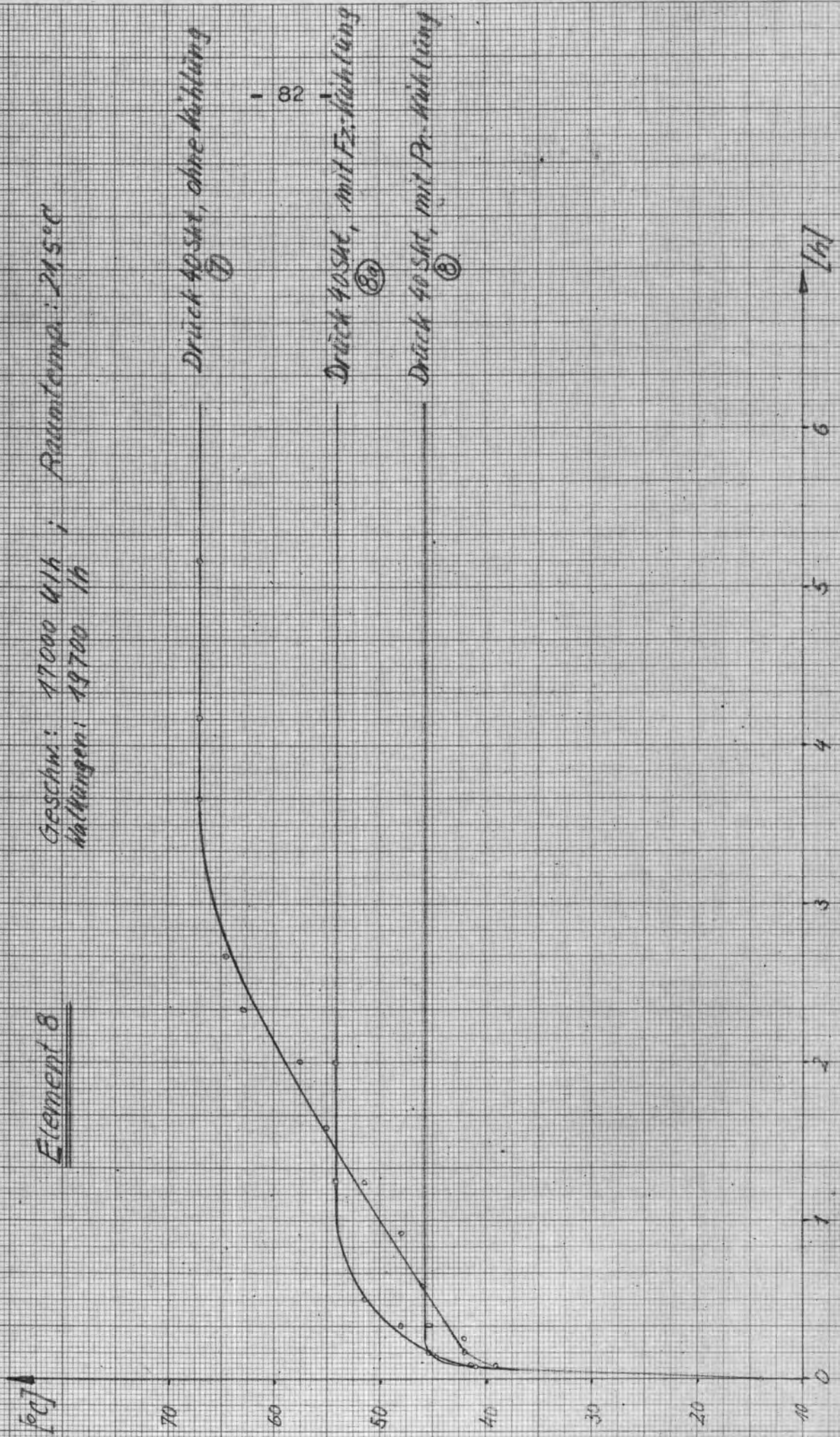
Geschw.: 17000 u/h.; Raumtemp.: 21.5°C
 Wälzlänge: 14700 mm



Pressurtemperaturen (als Fkt. d. Zeit, etc.)

Element 8

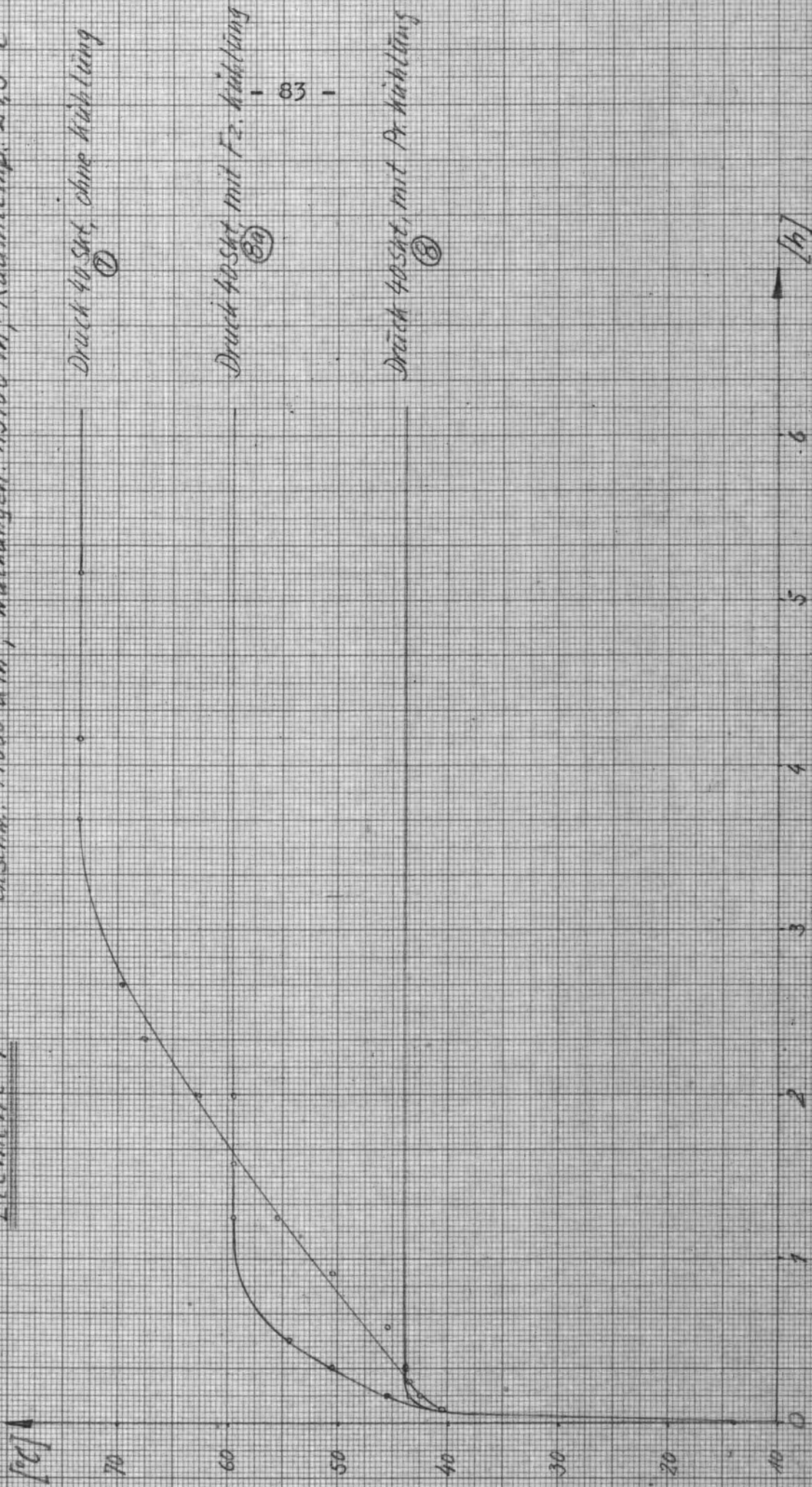
Geschw.: 17000 U/h ; Raumtemp.: 21,5°C
Halbungen: 19700 U/h



Pressentemperaturen (als Fkt. d. Zeit, etc.)

Element 4

Geschw.: 17000 U/h; Walküngen: 19700 h; Raumtemp.: 24,5 °C



Presseurtemperaturen (als Fkt. d. Zeit, etc.)

Element 9

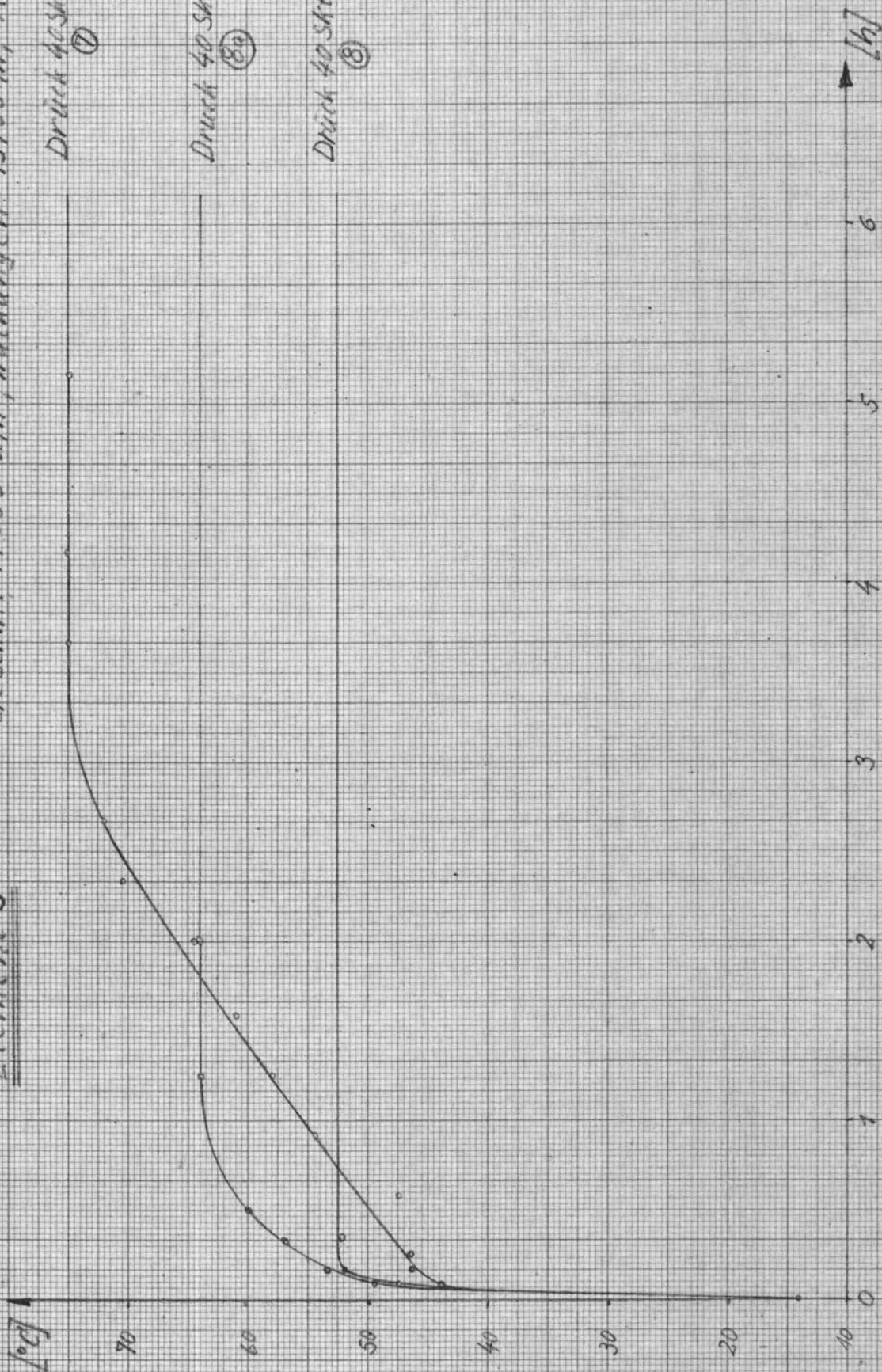
Geschw.: 17000 u/h; Walkungen: 19700 h, Raumtemp.: 24,5°C

Druck 40 Stk, ohne Kühlung
⑦

Druck 40 Stk, mit Fz. Kühlung
⑧a

Druck 40 Stk, mit Pr. Kühlung
⑧

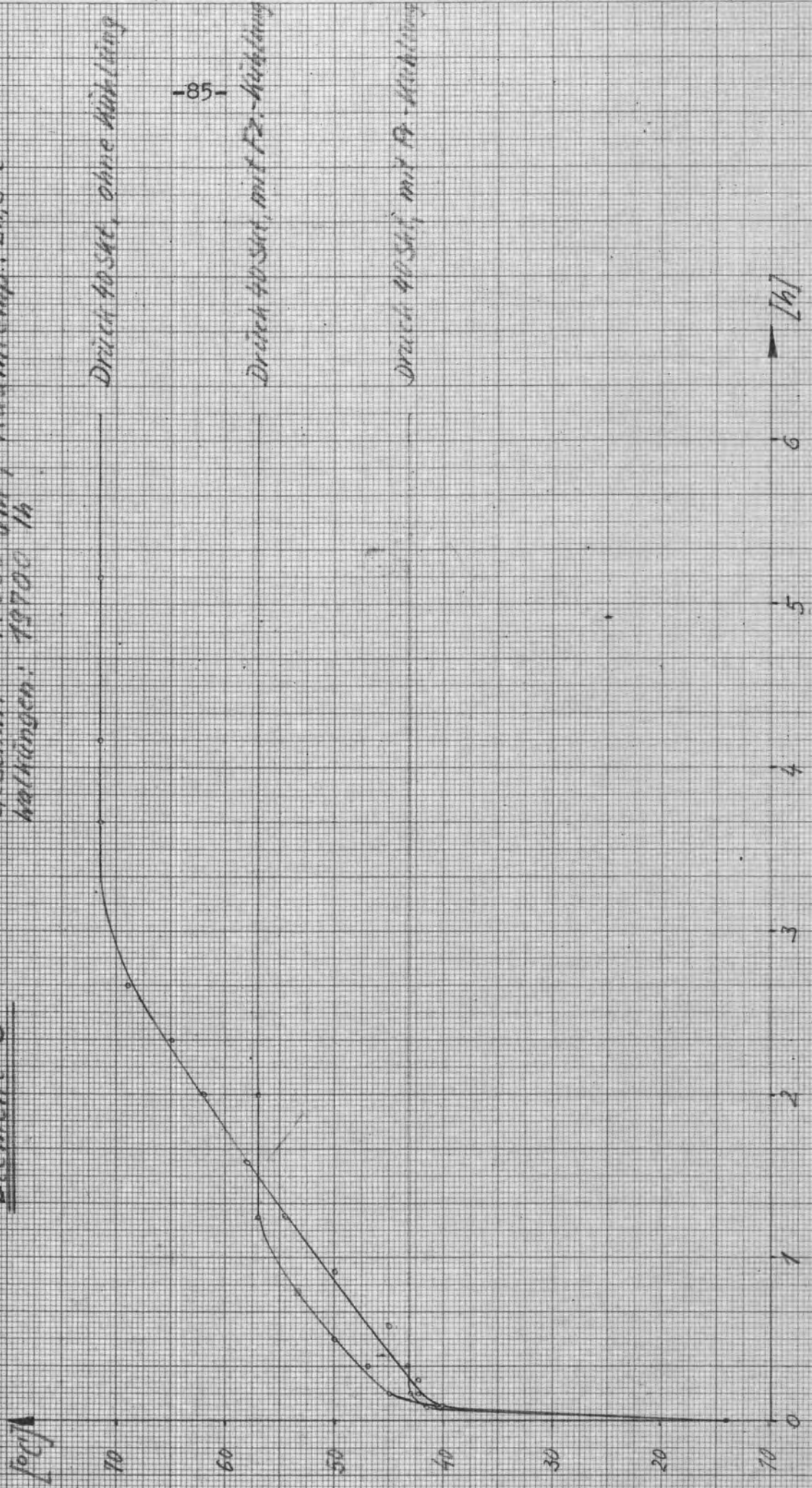
-84-



Pressurtemperaturen (als Fkt. d. Zeit, etc.)

Element 5

Geschw.: 17000 U/h, Raumtemp.: 24,5°C
haltungen: 19700 h



Pressurtemperaturen (als Fkt. d. Zeit, etc.)

Element 10

Geschw.: 17000 U/h, Vakuumgen:

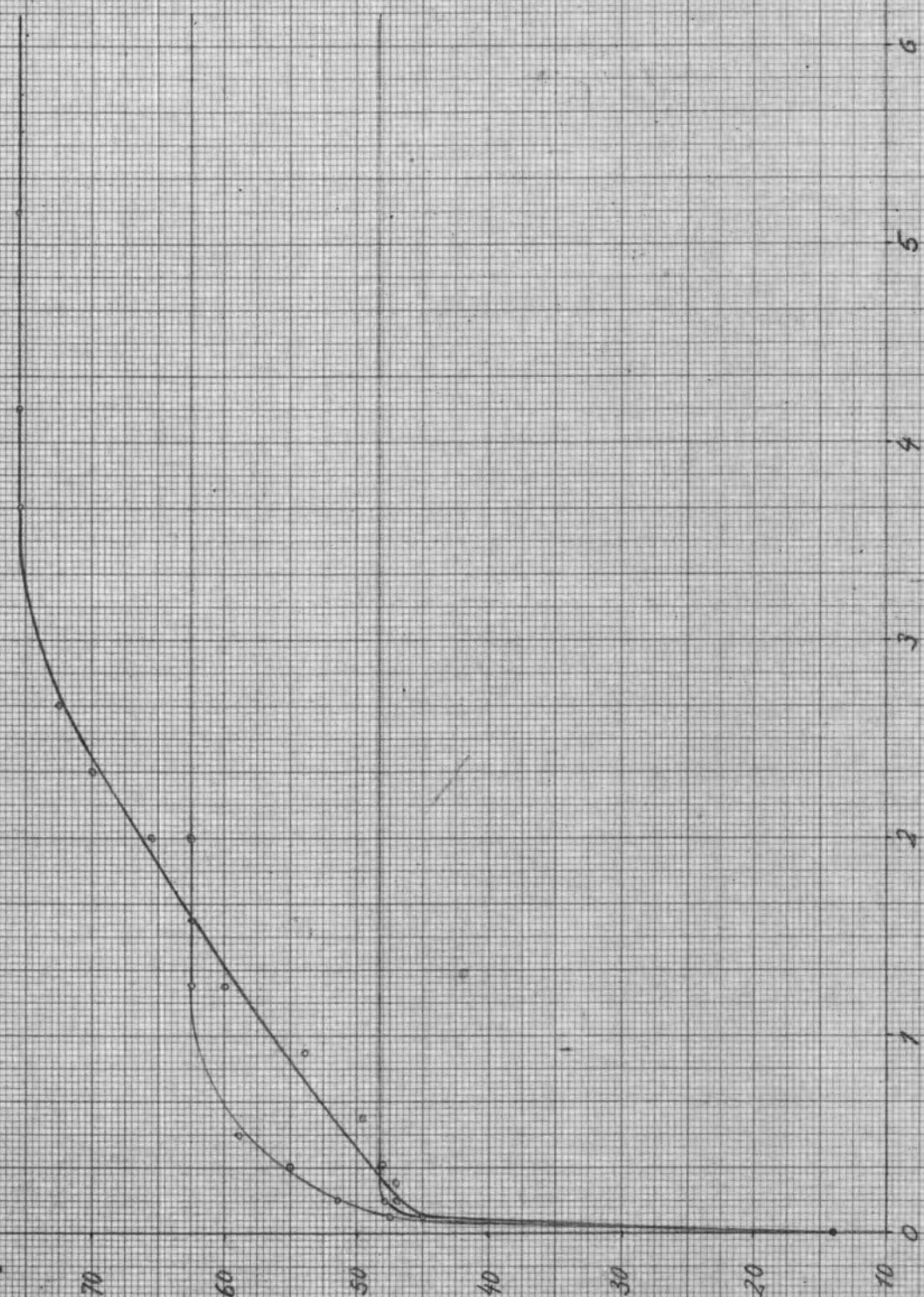
19700 H; Raumtemp.: 24,5°C

Druck 40 sat; ohne Kühl. lüng
⑦

Druck 40 sat; mit Fz. Kühl. lüng
⑧

Druck 40 sat; mit Pz. Kühl. lüng
⑧

[°C]

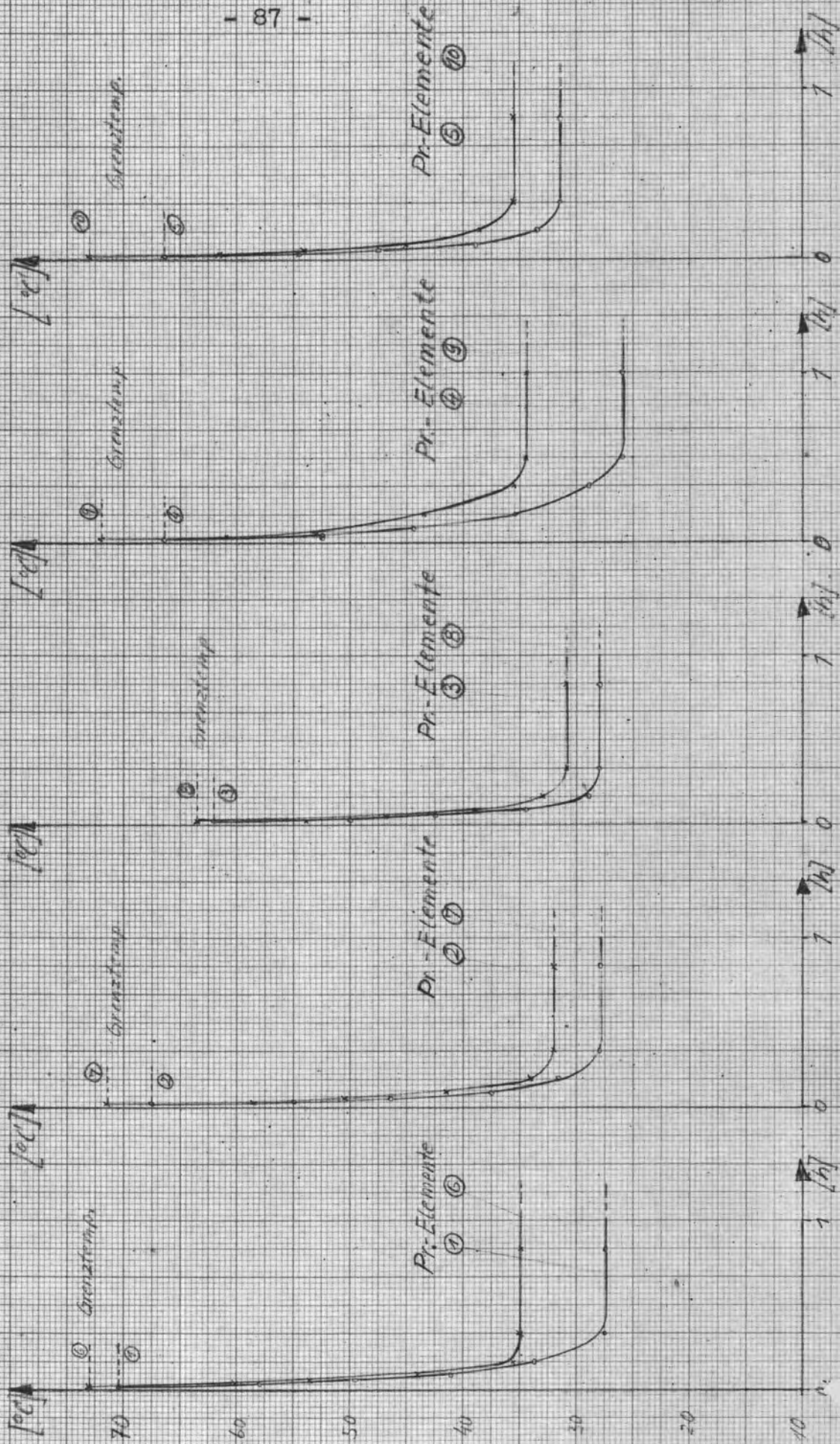


[h]

Versuch ②

Drucktemperaturfüßen

(Einsetzen der Pr.-Kühlung bei der Grenztemp.)



Presseurgrenztemperaturen

Druck: 40 Stk.
Geschw.: 17000 U/h

[°C] Meßstelle:

1

2

3

4

5

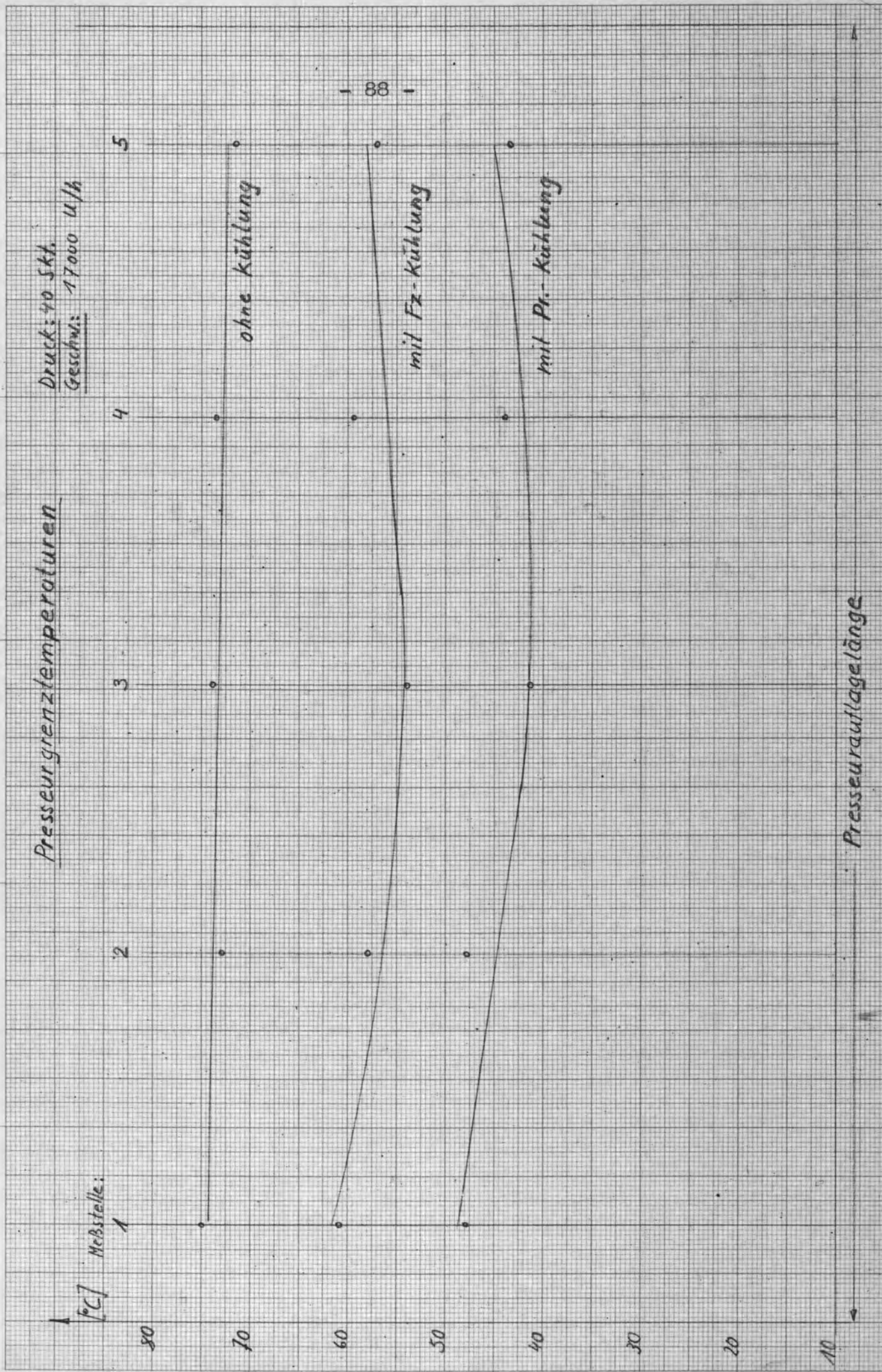
ohne Kühlung

mit Fz-Kühlung

mit Pr.-Kühlung

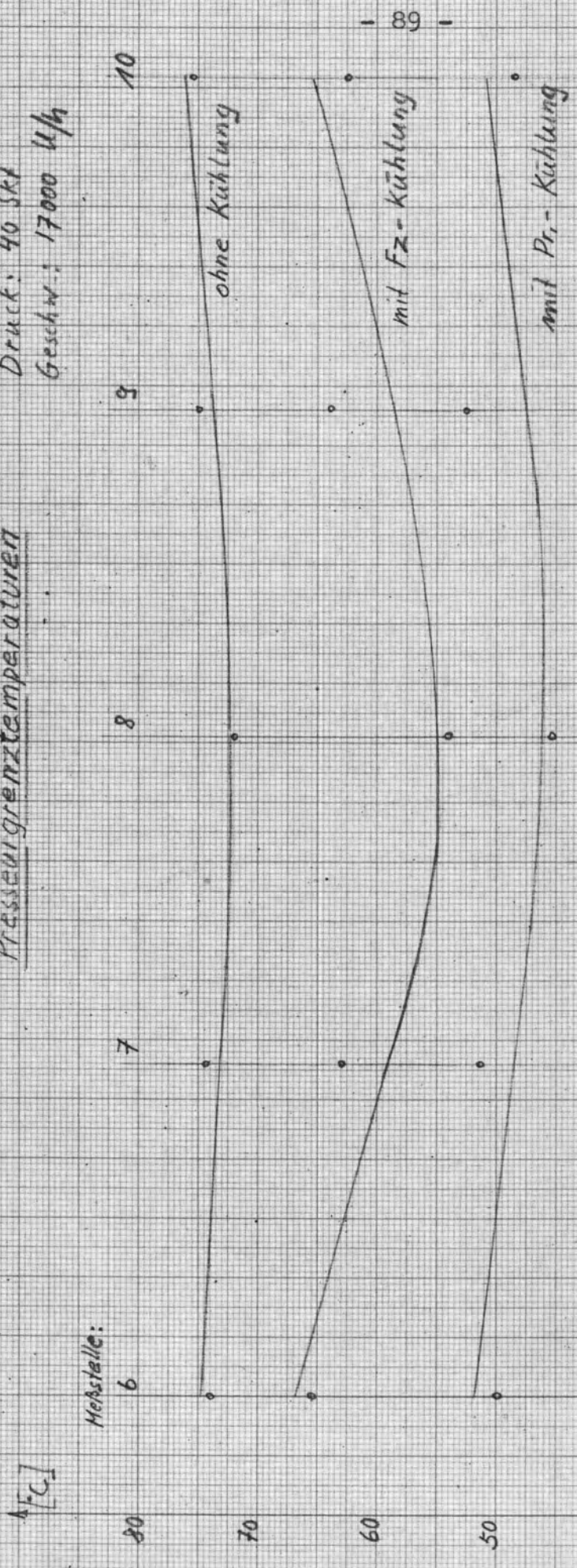
Presserauflagelänge

- 88 -



Pressurgrenztemperaturen

Druck: 40 SKt
Geschw.: 17000 U/h



Pressuraufgelänge

[kp]

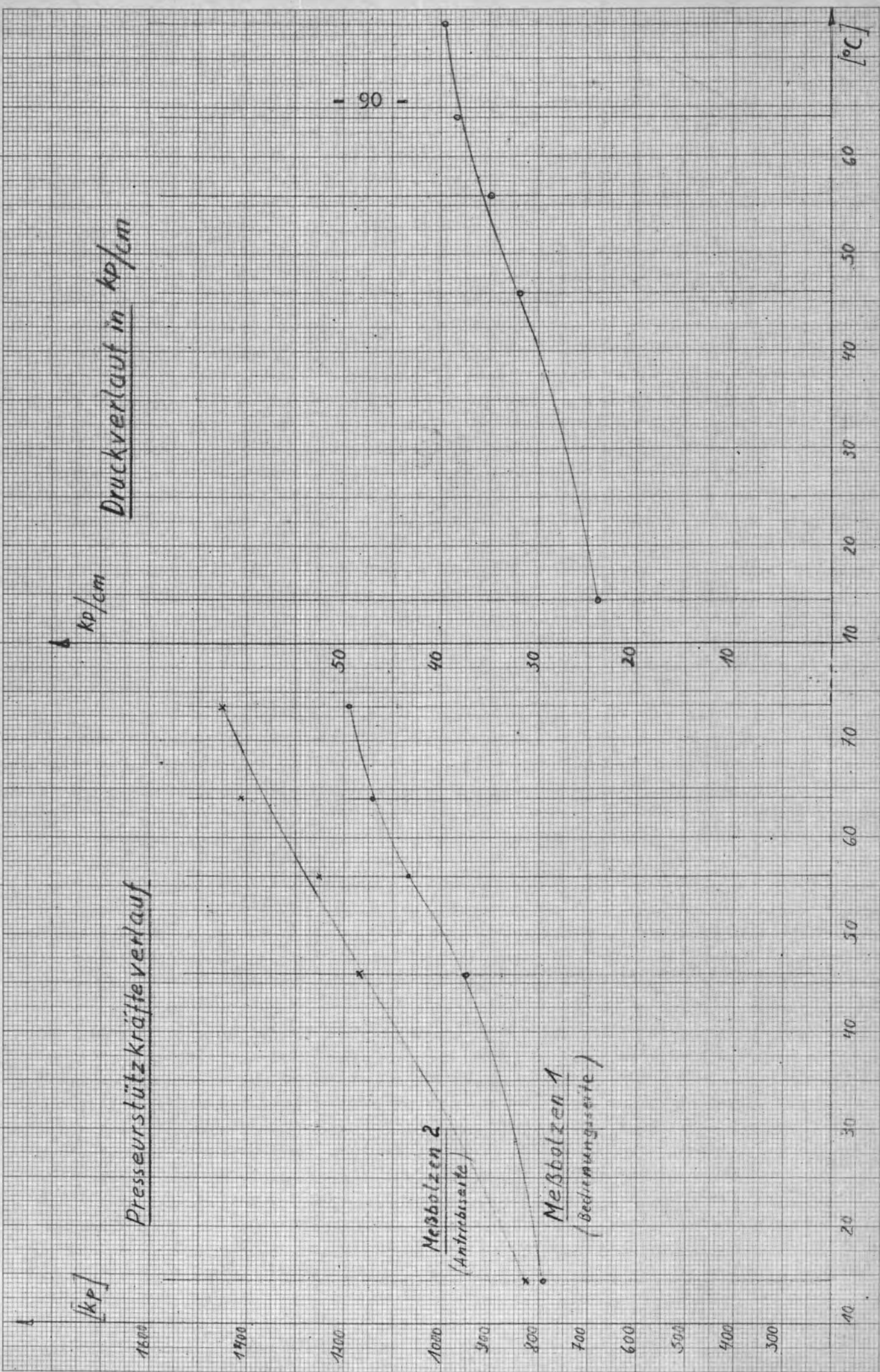
Pressurstützkräfteverlauf

Druckverlauf in kp/cm

kp/cm

- 90 -

[°C]



Versuch 9

Um den Einfluß des Papiers auf die Presseurtemperatur kennenzulernen, wurden zwei Versuche mit Papierlauf durchgeführt. Da das Hauptinteresse der Beharrungstemperatur des jeweiligen Betriebszustandes gilt, wurde wegen der unzureichenden Laufzeit einer Papierrolle zu einer Hilfsmaßnahme gegriffen.

Die Maschine wurde in dem in Versuch 9 angegebenen Betriebszustand bis zum Erreichen der Beharrungstemperatur in Betrieb gehalten. Danach wurde die Papierbahn eingezogen und unter Beibehaltung aller anderen Betriebsbedingungen wieder in Lauf gesetzt.

Nach dem Stillsetzen der Maschine fiel die Temperatur rasch ab. Es war nun die Frage, ob sich beim Weiterlauf mit Papier eine höhere oder tiefere Grenztemperatur einstellte. Aus dem Diagramm ist zu ersehen, daß die Temperatur zunächst anstieg, nach kurzer Zeit wieder abfiel und dann einen konstanten Wert annahm.

Versuch 11

Dieser Versuch ist eigentlich nur als Ergänzung gedacht. Hier wurde von Anfang an mit Papier gefahren. Der Temperaturverlauf bis zum Abbruch des Versuches ist auf dem Diagrammblatt Seite 94 festgehalten.

Interessant ist wieder die hohe Temperatur an der blasigen Stelle des Presseurs.

Versuch 10

Während sich die Formzylindertemperatur beim Lauf ohne Papier bis auf wenige Grad der Presseurtemperatur angleicht (vergl. Blatt 95), liegt sie beim Lauf mit Papier wesentlich darunter (Blatt 94). Die Gründe für dieses Verhalten sind in dem geringen Wärmeleitwert und der Kühlwirkung des Papiers zu suchen.

Elemente 1-5; Versuch 9

Pressurtemperaturverfahren

(ohne Kühlung bis zur Grenztemp.)

Anfangstemp.: 14,2°C
Geschw.: 10000 U/min
Druck: 40 sat.

Pr.-Temperaturen

(Lauf mit Papier bis zur neuen Grenztemp.)

Während d. Papierlaufes sinkt Grenztemp. d. Pr.-Elemente!

[°C]

70

60

50

40

30

20

10

0

Pr-Element 2

Pr-Element 4

Pr-Element 1

Pr-Element 5

Pr-Element 3

Grenztemp.

Pr-Elemente

Pr-E. 2

Pr-E. 1

Pr-E. 5

Pr-E. 4

Pr-E. 3

[h]

[h]

Elemente 6-10, Versuch 9

Präseleutemperaturen

(ohne Kühlung bis zur Grenztemp.)

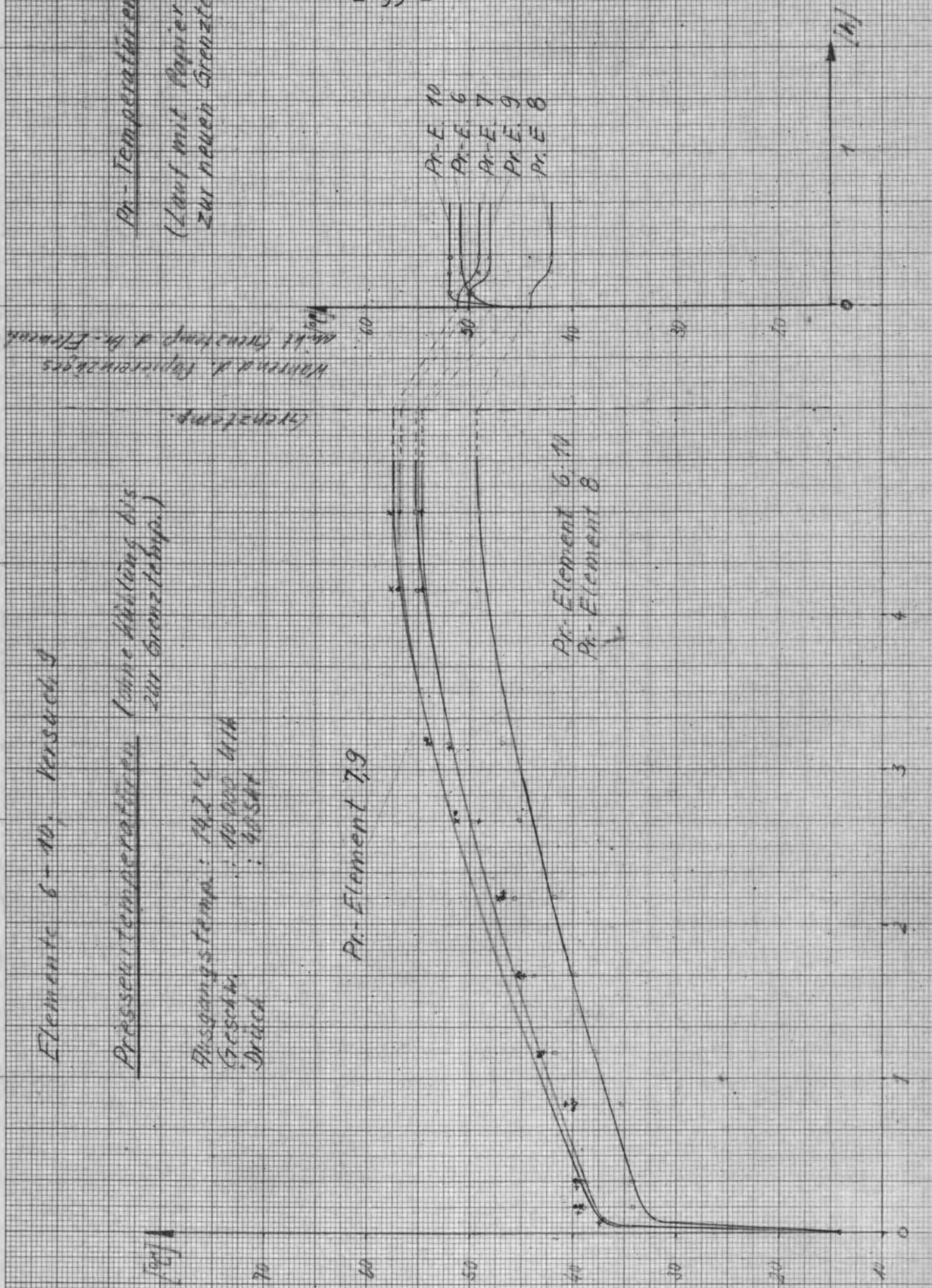
Ausgangstemp.: 14,2 °C
 Geschw.: 40 cm/s
 Druck: 40 kPa

Pr-Element 7,9

Pr-Temperaturen

(Lauf mit Papier bis zur neuen Grenztemp.)

- 93 -



Pr-Element 1
(blasse Stelle)

Pr-Element 2
Pr-Element 4,5
Pr-Element 3

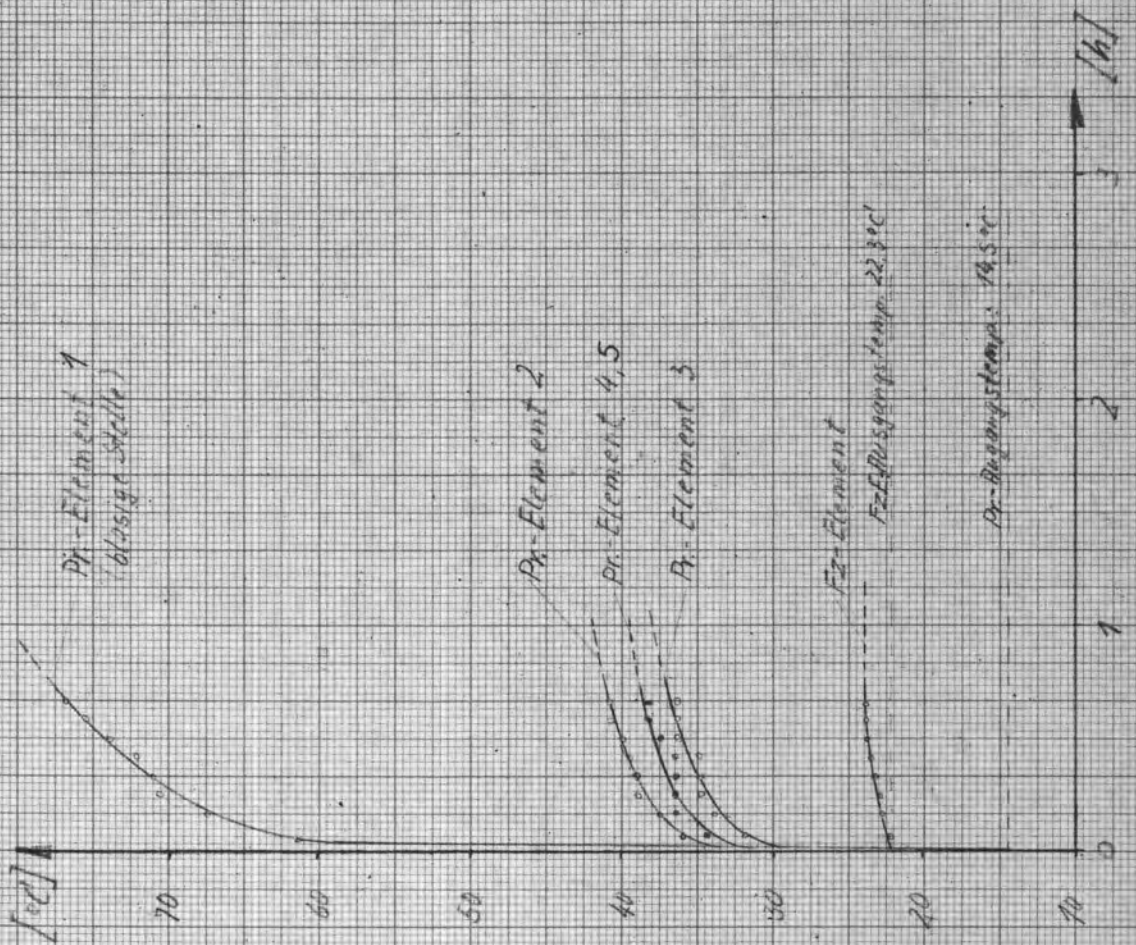
Fz-Element
Fz-Erweichungstemp: 22,8°C
Pr-Beugungstemp: 14,5°C

Temperatur-Vergleich:

Fz-Element - Pr-Elemente

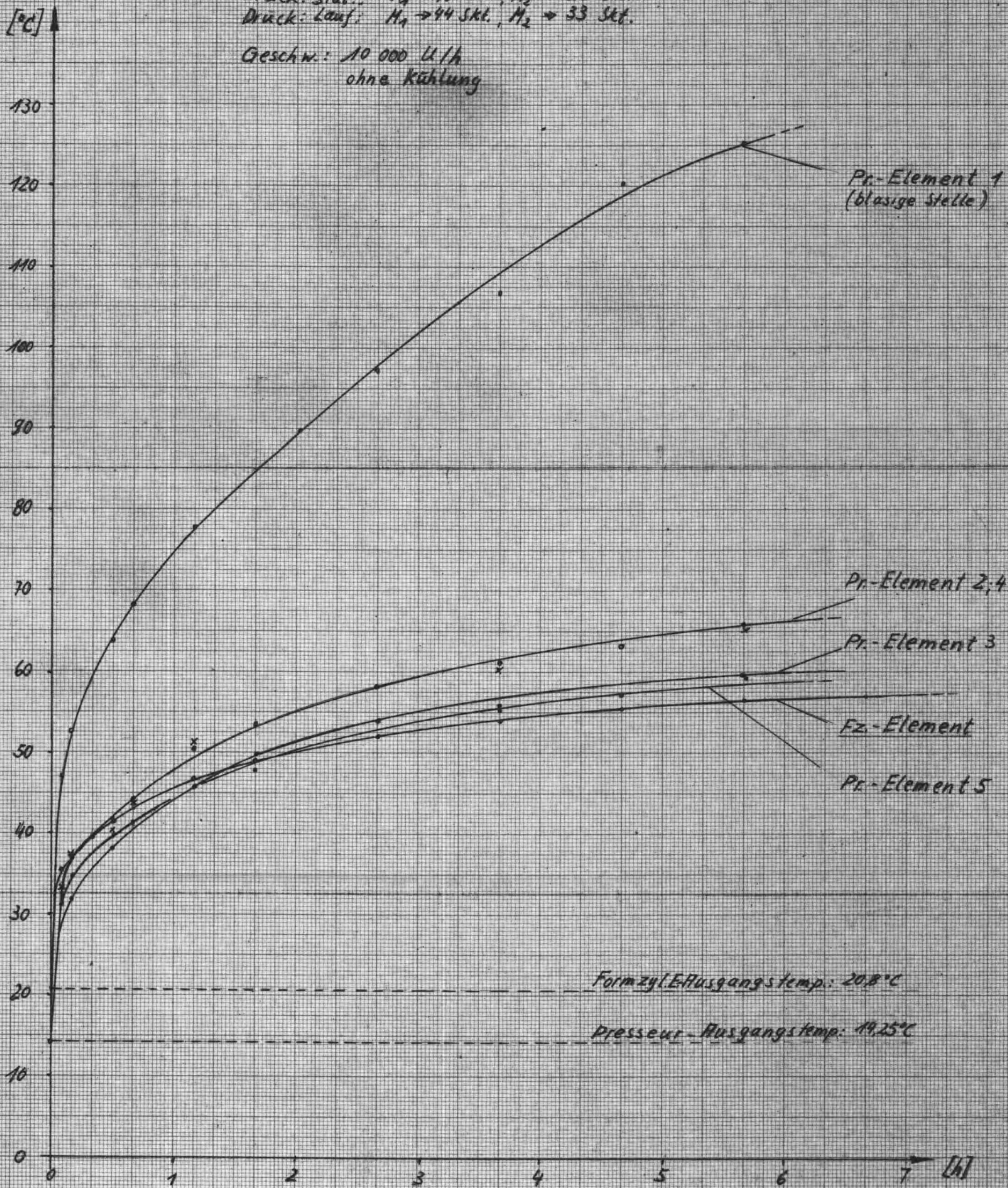
Laut mit Papier

Geschw.: 10000 U/h
Druck: $M_1 \rightarrow 40 \text{ Sat}$, $M_2 \rightarrow 30 \text{ Sat}$
Raumtemp: 24,5°C



Temperatur-Vergleich: Fz-Element - Pr-Elemente

Raumtemp.: 22,0 °C
 Druck: stat.: $M_1 \rightarrow 40 \text{ Skt.}$, $M_2 \rightarrow 28 \text{ Skt.}$
 Druck: Lauf: $M_1 \rightarrow 44 \text{ Skt.}$, $M_2 \rightarrow 33 \text{ Skt.}$
 Geschw.: 10 000 U/h
 ohne Kühlung



Formzyl E-Ausgangstemp.: 20,8 °C

Presseur-Ausgangstemp.: 19,25 °C

Es wurde auch festgestellt, daß die Temperatur der Presseuroberfläche, die Gummischicht also, die mit dem Papier in Berührung kommt, keine fühlbaren Unterschiede zur Papiertemperatur zeigte.

Bei den Versuchen wurde das für Illustrierte übliche Tiefdruckpapier mit einem Flächengewicht von ca. 70 g/m^2 benutzt.

Beim Lauf mit Papier wurde an der Druckanstellung nichts verändert. Es ergibt sich deshalb infolge der Papierdicke eine mittlere Stützkraftänderung von 40 auf 45 Skalenteile am Geber 1 und von 30 auf 35 Skalenteile am Geber 2. Das entspricht einer Liniendruckänderung von 24 kp/cm auf 28 kp/cm .

Bei einer grob überschläglichen Bewertung der Meßergebnisse kann gesagt werden, daß die Temperaturverhältnisse am Presseur bei Formzylinderkühlung denen des Betriebszustandes mit Papier gleichen bei sonst gleichen Bedingungen.

Selbstverständlich spielt bei einer solchen Beurteilung die Kühlwassertemperatur und der Durchsatz, sowie die Papiertemperatur und die Papiersorte eine entscheidende Rolle. Die Verhältnisse gleichen sich aber insofern als der Presseur bei Formzylinderkühlung wie beim Betrieb mit Papier an der Oberfläche gekühlt wird.

Damit ist auch die auf Seite 37 offengebliebene Frage beantwortet: Der zusätzliche Wärmeabfluß über dem Formzylinder ist nicht so günstig wie die Kühlung durch das Papier, obwohl dabei der Wärmefluß über den Formzylinder nahezu unterbunden werden dürfte.

Welche Schlüsse kann man aus den Meßergebnissen für die Praxis ziehen?

Für den Konstrukteur erhebt sich immer wieder die Frage, wie er seine Gummiwalze dimensionieren soll. Er hat die Wahl zwischen einer extrem kleinen Walze, einer extrem großen oder einer von mittlerer Größe.

Betrachten wir zunächst einmal die Problematik einer extrem kleinen Walze von etwa 90 mm Außendurchmesser.

Die Kontaktzone zwischen Gummiwalze und Formzylinder wird klein. Dadurch wird ein besseres Ausdrucken bei geringerer Anstellkraft ermöglicht. Bei kleinen Walzen wird zweckmäßiger Weise ein härterer Gummi aufgelegt. Dadurch wird die Deformation bei der Walkung und die Wärmeentwicklung verringert. Zu kleine Gummiwalzen haben aber nicht mehr genügend Biegesteifigkeit und müssen deshalb durch ein^{es} meistens zwei Presseure abgestützt werden. Die neuen, zusätzlichen Walkungsstellen fördern die Wärmeentwicklung. Werden die Stahlpresseure zusätzlich gekühlt, um der Wärmeentwicklung Rechnung zu tragen, dann kann die Gummiwalze von außen leicht ausreichend gekühlt werden. Gummi ist aber ein schlechter Wärmeleiter. Die Temperatur des am Stahlkern haftenden Gummis kann deshalb beträchtlich höher liegen.

Die kleine Walze hat eine hohe Drehzahl. Dies wirkt sich ebenfalls temperaturerhöhend aus.

Eine zu kleine Zwischenwalze rückt die Presseure nahe an den Formzylinder und nimmt ihm die leichte Zugänglichkeit. Eine kleine Gummiwalze läßt sich wegen des kleinen Gewichtes bequem auswechseln.

Eine sehr große Gummiwalze wird für den Drucker unhandlich. Sie hat ein großes Gewicht und muß von mehreren Leuten oder sogar mit einem Hebezeug ausgewechselt werden. Die Durchbiegung bleibt klein. Die Druckanstellkraft muß wesentlich größer sein, weil die Kontaktzone zunimmt. Stützwalzen (Presseure) werden nicht benötigt. Dadurch wird der Belag nur an einer Stelle während einer Umdrehung gewalkt. Die Drehzahl sinkt entsprechend dem Durchmesser Verhältnis. Die Walze bietet eine große, innere Kühlfläche. Was die Wärmeentwicklung betrifft, so dürfte eine Walze mit großem Durchmesser günstiger liegen. In der Hauptsache dürften aber andere Gründe gegen einen großen Durchmesser sprechen. Es ist z.B. die Frage, ob ein großer Zylinder ebenso leicht fehlerfrei mit einer Gummischicht versehen werden kann. Hier dürften einige Schwierigkeiten vorliegen. Endgültige und eindeutige Auskünfte können jedoch erst an Hand von Ergebnissen umfangreicher Messungen gemacht werden.

Die beste Gummiwalze liegt in ihren Abmessungen wohl in der Mitte mehr zu den kleinen Walzen hin.

Bei der Auslegung muß ein Kompromiß zwischen mehreren, wichtigen Gesichtspunkten geschlossen werden. Die Hauptaufgabe bleibt dabei die Beherrschung der Temperatur in der Hartgummischicht, denn davon hängt unmittelbar die Lebensdauer der Walze ab.

Weiterhin sollte besonders sorgfältig bei der Herstellung verfahren werden, um fehlerhafte Stellen wie Blasen usw. auszuschliessen. Die Weiterentwicklung von Belagmaterialien kann vielleicht zur Auffindung eines wärmebeständigeren Materials mit gleich guten Druckeigenschaften führen,

In diesem Zusammenhang erhebt sich auch die Frage, ob die stark mit Lösungsmitteln angereicherte Luft auf den Gummibelag einen schädigenden Einfluß ausübt.

Die Frage nach dem richtigen Durchmesser richtet sich nach dem Druckerzeugnis, der Ätzung des Formzylinders, den Kühlungsverhältnissen und neben anderen praktischen Gründen nicht zuletzt nach der Wirtschaftlichkeit.

2.5 Zusammenfassung.

Bei den Untersuchungen über die Temperaturverteilung in Presseuren von Rollentiefdruckmaschinen wurden von den für die Wärmeentwicklung verantwortlichen Veränderlichen die Maschinengeschwindigkeit, die Druckanstellung und die Kühlverhältnisse variiert.

Mit Hilfe von Druckgebern konnte ein genau definierter Druck (Liniendruck in kp/cm) aufgebracht und die Druckänderung infolge der Erwärmung erfaßt werden.

Die Maschinengeschwindigkeit war im Bereich von 0 bis 17 000 Formzylinderumdrehungen/Stunde regelbar. Es konnte sowohl der Formzylinder als auch der Gummipresseur von innen mit durchströmendem Wasser gekühlt werden.

Infolge der Walkung war es nicht möglich, in die Weichgummischicht eingebaute Thermoelemente für die Messung zu gebrauchen.

Es liegen deshalb von dieser Meßmethode nur Ergebnisse über die in den Hartgummischichten gemessenen Temperaturen vor.

In den Vorversuchen und zum Vergleich der mit den eingebauten Thermoelementen gemessenen Temperaturwerte wurden Einstichmessungen mit einer Thermonadel der Firma Hartmann & Braun vorgenommen.

Zur Registrierung der Meßwerte diente der 14 Kanal-Lichtpunktschreiber Visicorder 906S-1 der Firma Honeywell in Verbindung mit einem Schleifringgerät der Firma Frischen.

Die erhaltenen Zahlenwerte sind Ergebnisse grundlegender Untersuchungen. Das entwickelte Meßverfahren ist genügend genau und gut zu handhaben, bedarf aber noch einiger Verbesserungen. Es ist deshalb bei nachfolgenden Temperaturuntersuchungen anzustreben, wieder Thermoelemente in den Gummi einzulagern. Sollte es auch dann nicht gelingen, die Elemente im Weichgummi genügend widerstandsfähig gegen die mechanische Beanspruchung zu machen, dann ist es wohl am zweckmäßigsten, eine kombinierte Meßanordnung zu wählen, und zwar: Messung der Temperatur im Hartgummi mit eingelagerten Elementen und im Weichgummi durch Einstechen mit Thermonadeln.

Die Meßergebnisse, werden zum Teil durch die aus der Gummiforschung bekannten Erkenntnisse in anschaulicher Weise erklärt. Alle Temperaturkurven zeigen die gleichen Tendenzen. Die periodische Deformierung der Gummischicht bewirkt schon nach Bruchteilen von Minuten eine starke Temperaturerhöhung, die vom Anstелldruck und der Laufgeschwindigkeit abhängt.

Je nach den vorgegebenen Betriebsbedingungen stellt sich nach stark voneinander abweichenden Laufzeiten eine Beharrungstemperatur ein. Alle Kurven mit Ausnahme der für die Presseurinnenkühlung steigen zuerst rasch an und nähern sich dann einem Beharrungswert. Bei Presseurinnenkühlung steigen die

Kurven ebenfalls zuerst stark an, es kommt zur Ausbildung eines Maximums, um dann erst auf die Beharrungstemperatur langsam abzufallen. Dabei kommt es zwischen dem Temperaturmaximum und dem Beharrungswert je nach Betriebsbedingungen zu Temperaturdifferenzen von 10 bis 35%.

Für die Praxis sind die jeweiligen Beharrungstemperaturwerte von Interesse, weil sie die Wärmebeanspruchung bei Dauerbetrieb darstellen.

In diesem Zusammenhang kann an Hand der Meßergebnisse gesagt werden, daß die Presseurinnenkühlung die niedrigsten Temperaturwerte bedingt. Höher liegen die Temperaturen bei Formzylinderkühlung, am höchsten ohne Kühlung.

Eine Steigerung auf den doppelten Anstelldruck hat eine stärkere Temperaturerhöhung zur Folge als eine Verdopplung der Laufgeschwindigkeit.

Die Temperaturverteilung über die Zylinderlänge entspricht den Erwartungen. Wegen der nahezu quadratischen Abhängigkeit der Hysteresis von der Wechselkraft (Druckkraft) war ein der Belastung entsprechender Temperaturverlauf erwartet worden.

Der Einfluß des Papiers auf die Presseurtemperatur wurde auch untersucht.

Die Frage nach der bestmöglichen Auslegung einer Gummiwalze bzw. aller am Drucken beteiligten Zylinder und deren Anordnung hinsichtlich der Temperaturverhältnisse kann erst nach umfassenden Messungen, die auch die anderen Veränderlichen und ihre Einflußgrößen (vergl. Seite 35) einbeziehen, beantwortet werden.

L i t e r a t u r

- | | |
|---------------------------|---|
| A. Braun | Der Tiefdruck. |
| E. Kollecker-W. Matuschke | Der moderne Druck. |
| E.B. Davis | Warum Tiefdruckwalzen mitunter enttäuschen.
Gravure, Juli 1956. |
| K. Ditterich | Probleme bei der Temperaturmessung mit Thermoelementen.
VDI-Zeitschrift, Bd.103/1961, Nr.20. |
| Hartmann & Braun AG. | Genaue Temperaturmessungen mit Thermoelementen. |
| K. Guthmann | Toleranzen und Fehler bei der Temperaturmessung mit Thermoelementen.
Verlag Stahleisen mbH. |
| O. Krischer-K. Kröll | Die wissenschaftlichen Grundlagen der Trocknungstechnik. |
| O. Krischer | Vorlesungen über Wärme und Stoffaustausch. |
| I. Kruse-T. Timm | Die Temperaturabhängigkeit des mechanischen und spannungsoptischen Verhaltens von Elastomeren.
Deutsche Kautschukgesellschaft. |
| F.H. Müller | Kalorimetrische Messungen bei der Deformation von Kautschuk.
Deutsche Kautschukgesellschaft. |
| P. Kainradl-F. Händler | Verformungseigenschaften von Kautschukvulkanisaten. |
| F. Müller | Betrachtungen zum Zugdehnungsverhalten von Kautschuk.
Deutsche Kautschukgesellschaft. |
| P. Kainradl-F. Händler | Eigenschaften von Kautschukvulkanisaten und Corden bei schnellen Verformungen.
Deutsche Kautschukgesellschaft. |